

BNDES Setorial, n. 29, mar. 2009

<http://www.bndes.gov.br/bibliotecadigital>

BNDES SETORIAL

29

Março / 2009



O BANCO DO DESENVOLVIMENTO
DE TODOS OS BRASILEIROS

ISSN 1414-9230



BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL

PRESIDENTE
Luciano Coutinho

VICE-PRESIDENTE
Armando Mariante Carvalho Júnior

BNDES SETORIAL
PUBLICAÇÃO SEMESTRAL EDITADA
EM MARÇO E SETEMBRO

Os artigos assinados são da exclusiva responsabilidade dos autores, não refletindo, necessariamente, a opinião do BNDES. É permitida a reprodução parcial ou total dos artigos desta publicação, desde que citada a fonte.

Av. República do Chile, 100/20º andar
Rio de Janeiro – RJ – CEP 20031-917
Tel.: (21) 2172-7131 Fax: (21) 2172-6273
Ouvidoria: 0800-702-6307 / ouvidoria@bndes.gov.br
Internet: <http://www.bndes.gov.br>
ISSN 1414-9230

Sumário

O Papel do BNDES na Expansão do Setor Elétrico Nacional e o Mecanismo de <i>Project Finance</i> – Nelson Fontes Siffert Filho, Leonardo de Almeida Alonso, Eduardo Barros das Chagas, Fernanda Rechtman Szuster e Claudia Sardenberg Sussekind _____	3
Mitigação de Riscos e Ampliação de Retornos: Aplicação dos Conceitos de Fronteira Eficiente de Markowitz e de Carteira Alavancada ao Setor Sucroalcooleiro – Ricardo Cunha da Costa _____	37
Florestas Independentes no Brasil – Marcos H. F. Vital _____	77
Terceirização da P&D de Medicamentos: Panorama do Setor de Testes Pré-Clínicos no Brasil – João Paulo Pieroni, Luciana Xavier de Lemos Capanema, Carla Reis, José Oswaldo Barros de Souza e Leandro Gomes da Silva _____	131
Panorama da Cadeia Produtiva Têxtil e de Confecções e a Questão da Inovação – Ana Cristina Rodrigues da Costa e Érico Rial Pinto da Rocha _____	159
Principais Empresas e Grupos Brasileiros do Setor de Fertilizantes – Eduardo Fernandes, Bruna de Almeida Guimarães e Romulo Ramalho Matheus _____	203
Um Panorama da Indústria de Bens de Capital Relacionados à Energia Eólica – Rafael Alves da Costa, Bruna Pretti Casotti e Rodrigo Luiz Sias de Azevedo _____	229
O Setor de Soda-Cloro no Brasil e no Mundo – Eduardo Fernandes, Ana Maria da Silva Glória e Bruna de Almeida Guimarães _____	279
Desafios da Petroquímica Brasileira no Cenário Global – Valéria Delgado Bastos _____	321
Biotecnologia para Saúde Humana: Tecnologias, Aplicações e Inserção na Indústria Farmacêutica – Carla Reis, Luciana Xavier de Lemos Capanema, Pedro Lins Palmeira Filho, João Paulo Pieroni, José Oswaldo Barros e Leandro Gomes da Silva _____	359

BNDES setorial, n. 1, jul. 1995 -

Rio de Janeiro, Banco Nacional de Desenvolvimento
Econômico e Social, 1995 - n.

Semestral. ISSN 1414-9230

Periodicidade anterior: quadrimestral até o n. 3.

1. Economia - Brasil - Periódicos. 2. Desenvolvimento
econômico - Brasil - Periódicos. I. Banco Nacional de
Desenvolvimento Econômico e Social.

CDD 330.05

O PAPEL DO BNDES NA EXPANSÃO DO SETOR ELÉTRICO NACIONAL E O MECANISMO DE *PROJECT FINANCE*

Nelson Fontes Siffert Filho
Leonardo de Almeida Alonso
Eduardo Barros das Chagas
Fernanda Rechtman Szuster
Claudia Sardenberg Sussekind*

* Respectivamente, chefe, gerente, gerente, contadora e economista
do Departamento de Energia Elétrica da Área de Infraestrutura do BNDES.

SETOR ELÉTRICO

Resumo

Este trabalho apresenta um retrospecto da atuação do BNDES no financiamento da expansão do setor elétrico nacional nos últimos cinco anos, abordando a importância da estrutura de project finance como mecanismo para a equalização das fontes de recursos de novos empreendimentos em geração e transmissão de energia elétrica. Busca-se apontar que o mecanismo de project finance pode ser utilizado como pilar do equacionamento das fontes de recursos para o desenvolvimento da infraestrutura do país.

O artigo é composto de cinco seções, incluindo a introdução. A segunda seção revela as principais características do setor elétrico nacional, com destaque para o novo marco regulatório. A terceira parte descreve os pontos positivos e negativos da estrutura de project finance na implantação de projetos de geração e transmissão de energia elétrica. A quarta expõe um retrospecto da atuação do BNDES no apoio à expansão do setor elétrico nos últimos cinco anos. Na última seção, são apresentadas as conclusões e considerações finais.

Ao longo dos últimos 130 anos, a energia elétrica tornou-se base universal de desenvolvimento econômico e inserção social. Nesse sentido, o planejamento de sua oferta é imprescindível. Se, de um lado, a escassez de energia elétrica representa um gargalo para o crescimento econômico, de outro, a abundância denota ineficiência de alocação de recursos, uma vez que o investimento no setor é intensivo em capital.

Por se tratar de um serviço de utilidade pública, e dada a natureza técnica da indústria – com características de monopólio natural nos segmentos de transmissão e distribuição –, o denominado setor elétrico é objeto de regulação. Tal regulação é o aspecto central para o monitoramento da conduta dos agentes e a criação de condições favoráveis à realização de novos investimentos e de incentivos adequados para a maximização da eficiência técnica, econômica e ambiental da indústria como um todo.

O setor elétrico brasileiro é caracterizado pela alternância entre períodos de participação predominante do capital privado e do capital público. Até o início da década de 1930, a implantação e a expansão da atividade de prestação de serviços de energia elétrica foram baseadas em investimentos privados. O período seguinte, que se estendeu até o início dos anos 1990, foi marcado pela participação quase absoluta do Estado. Na década de 1990, com a crise financeira do setor e a incapacidade de investimento do Estado, verificou-se novamente a abertura ao capital privado, com a adoção de um modelo baseado nas regras de livre-mercado. Essa política se mostrou ineficiente e culminou com o racionamento de energia elétrica nos anos de 2001 e 2002.

Atualmente, o setor elétrico nacional é regido pelo novo marco regulatório, que foi implementado pela Lei 10.848, de 15.3.2004, e regulamentado pelo Decreto 5.163, de 30.7.2004. O novo modelo do setor, que procurou atrair tanto o capital privado como o público, também contribuiu para criar um ambiente institucional favorável à implantação de novos projetos com a estruturação financeira baseada no *project finance*.

O *project finance* é um mecanismo de estruturação das fontes de financiamento de um projeto em que os riscos de sua implantação e operação são diluídos entre os *stakeholders*, em vez de serem concentrados nos investidores. Basicamente, o fluxo de caixa do projeto é a principal fonte de pagamento do serviço e da amortização do capital de terceiros, enquanto, no financiamento corporativo, as garantias dos financiamentos são calcadas principalmente nos ativos dos investidores.

No setor elétrico brasileiro, a utilização do *project finance* na estruturação de projetos teve impulso somente no final dos anos 1990, após as reformas institucionais do setor, as quais promoveram abertura à iniciativa privada. Inicialmente, com as licitações de novos empreendimentos de transmissão, que objetivavam a expansão do Sistema Interligado Nacional (SIN), o *project finance* foi utilizado para estruturar projetos do segmento de transmissão e, posteriormente, de geração.

O objetivo deste artigo é apresentar o retrospecto da atuação do BNDES no financiamento da expansão do setor elétrico nacional nos últimos cinco anos. É realizada também uma abordagem da estrutura de *project finance* como mecanismo fundamental para a equalização das fontes de recursos de novos empreendimentos em geração e transmissão de energia elétrica. Nesse sentido, este trabalho buscará apontar que o mecanismo de *project finance* pode ser utilizado como pilar do equacionamento das fontes de recursos para o desenvolvimento da infraestrutura do país.

O artigo é composto de quatro seções. A primeira revela as principais características do setor elétrico nacional, com destaque para o novo marco regulatório. A segunda parte descreve os pontos positivos e negativos da estrutura de *project finance* na implantação de projetos de geração e transmissão de energia elétrica. A terceira apresenta um retrospecto da atuação do BNDES no apoio à expansão do setor elétrico nos últimos cinco anos. Na última seção, são apresentadas as conclusões e considerações finais.

O Setor Elétrico Brasileiro e o Novo Marco Regulatório

Geração de Energia Elétrica

Em dezembro de 2007, o Brasil possuía um parque gerador de energia elétrica com 1.705 usinas e potência instalada de 100.786,1 MW. Basicamente, essa capacidade é concentrada na hidreletricidade (UHs, PCHs e CGHs), com 76,42% da capacidade total, dividida em 674 usinas. Em seguida, a termoeletricidade, que considera as fontes de gás natural, óleo diesel e combustível e carvão mineral, conta com 719 plantas geradoras que respondem por 17,18% da capacidade instalada.

A predominância da geração hídrica na matriz elétrica brasileira decorre de sua geografia extensa, predominantemente de planaltos com rios caudalosos, o que lhe confere uma grande vantagem energética, já que a hidreletricidade é mais competitiva que outras fontes de energia. Consequentemente, outra vantagem importante da matriz elétrica brasileira é a característica de ser limpa e renovável. Cerca de 80% da capacidade instalada nacional provém de fontes renováveis, como biomassa (bagaço de cana-de-açúcar, cavaco de madeira, casca de arroz etc.), água e vento, enquanto

Tabela 1

Empreendimentos em Operação em Dezembro de 2007

TIPO		CAPACIDADE INSTALADA			TOTAL		
		Nº de Usinas	(kW)	%	Nº de Usinas	(kW)	%
Hidro	Central Geradora	220	115.042	0,11			
	Pequena Central	295	1.886.767	1,87			
	Usina Hidrelétrica	159	75.023.597	74,44	674	77.025.406	76,42
Gás	Natural	81	10.208.182	10,13			
	Processo	30	1.146.978	1,14	111	11.355.160	11,27
Petróleo	Óleo Diesel	580	3.230.624	3,21			
	Óleo Residual	21	1.315.798	1,31	601	4.546.422	4,51
Biomassa	Bagaço de Cana	248	3.103.283	3,08			
	Licor Negro	13	794.817	0,79			
	Madeira	27	231.407	0,23			
	Biogás	3	41.590	0,04			
	Casca de Arroz	3	18.920	0,02	294	4.190.017	4,16
Nuclear		2	2.007.000	1,99	2	2.007.000	1,99
Carvão Mineral		7	1.415.000	1,40	7	1.415.000	1,40
Eólica		16	247.050	0,25	16	247.050	0,25
Total		1.705	100.786.055	100,00	1.705	100.786.055	100,00
Importação	Paraguai		5.650.000	5,61			
	Argentina		2.250.000	2,23			
	Venezuela		200.000	0,20			
	Uruguai		70.000	0,07		8.170.000	8,11
Total		1.705	108.956.055	108,11	-	108.956.055	108,11

Fonte: Aneel.

a média mundial é de apenas cerca de 13%. A Tabela 1 apresenta a matriz elétrica instalada do Brasil na data-base de dezembro de 2007.

O Brasil dispõe do quarto maior parque de geração de hidreletricidade do mundo, menor apenas que o chinês, o americano e o canadense. Do mesmo modo, o potencial de geração hídrica no Brasil é estimado em cerca de 260 GW, ou seja, o grau de utilização atual do potencial hídrico nacional atinge apenas cerca de 30%. Isso significa que o Brasil poderia triplicar a atual capacidade de geração hídrica,¹ potencial de que poucos países no mundo dispõem. Muitos países desenvolvidos já esgotaram ou estão prestes a esgotar seu potencial de geração de energia com base em hidrelétricas.

¹ Na verdade, deve ser considerado que muitos projetos acabam por não serem viáveis ambientalmente. Por outro lado, muitos aproveitamentos ainda devem ser inventariados.

Entre os países que possuem a vantagem energética da hidreletricidade, o Brasil ainda tem uma característica peculiar. Diferentes regiões do país possuem regimes pluviométricos distintos, mas complementares. A estação chuvosa das regiões Sul, Norte e Nordeste corresponde à estação seca das regiões Centro-Oeste e Sudeste, e vice-versa. Dessa forma, o despacho das usinas hidrelétricas pode ser otimizado entre as regiões, a fim de melhor utilizar a água armazenada nos reservatórios, dadas as restrições de chuva e seca.

No mercado de energia elétrica, o consumo e a produção se dão em tempo real, não sendo possível estocar o produto final, mas sim sua fonte, seja água, petróleo, biomassa, carvão, urânio ou outra qualquer. No caso brasileiro, o modelo hídrico desenvolvido foi direcionado para a construção de grandes reservatórios de regularização plurianual, de forma que reduza o risco hidrológico. Assim, a água estocada pode ser utilizada para gerar energia em períodos de hidrologia adversa.

Atualmente, a capacidade de armazenamento é de cerca de 275 GW/mês, estando 65% concentrada ao redor das fronteiras dos estados de Minas Gerais, São Paulo e Goiás, em uma área de cerca de 600 km². Em termos regionais, verifica-se que 69,7% do parque de geração hídrica encontra-se nas regiões Sudeste e Centro-Oeste; as regiões Sul e Nordeste respondem por 6,8% e 19%, respectivamente, enquanto a região Norte responde por apenas 4,6%. Todavia, em termos potenciais de utilização de novos aproveitamentos hidrelétricos, cerca de 40% do potencial de geração hídrica situa-se na região da Bacia Amazônica.

Nos últimos anos, a sociedade brasileira vem questionando a construção de grandes reservatórios de regularização plurianual. O principal argumento é o impacto ambiental causado pelo alagamento de grandes faixas territoriais. Consequentemente, verificam-se uma ruptura do modelo inicial de base hídrica e a construção de grandes blocos de energia para o modelo hidrotérmico atual.

Nesse período, quase não houve crescimento na capacidade total dos reservatórios.² A capacidade absoluta de armazenamento de energia tem se mantido constante, enquanto a carga vem aumentando. Assim, a capacidade de armazenamento atual dos reservatórios é suficiente, em média, para somente cerca de nove meses de consumo, imaginando-se zero a afluência nas bacias hidrográficas. Nesse aspecto, a geração térmica passa a desempenhar, ao menos parcialmente, o papel dos grandes reservatórios,

² O último reservatório de regularização no Brasil foi a UHE Serra da Mesa, implantada no final da década de 1990.

em relação à segurança do sistema. Ou seja, o despacho das usinas térmicas reduz a necessidade de acionamento das hidrelétricas e, portanto, contribui para a não-depleção dos reservatórios, reduzindo, assim, o risco de abastecimento.

Além disso, mesmo sendo mais caras, as termelétricas continuam sendo competitivas em um país com farta oferta de recursos hídricos. As usinas hidrelétricas caracterizam-se pelo seu elevado custo de investimento e baixíssimo custo variável de operação. Ao contrário, o custo de implantação das termelétricas é mais baixo, mas a sua operação é muito mais cara, pois incorre no custo dos combustíveis. Dessa forma, a usina hídrica é mais adequada para ser despachada na base do sistema, e a térmica, na ponta. Como os custos fixos de uma hidrelétrica são elevados, ela deve ser despachada continuamente, enquanto a termelétrica, que tem custos fixos baixos e custos variáveis elevados, é mais adequada para atender os aumentos descontinuados de carga.

Pelo fato de o Brasil ser um país de dimensões continentais e contar com uma matriz elétrica concentrada na geração hídrica, são exigidos vultosos investimentos em transmissão de energia. Primeiro, os novos aproveitamentos hidrelétricos incorporados ao parque gerador são cada vez mais distantes dos centros de carga. Segundo, quanto maior a interconexão entre diferentes bacias hidrográficas e os centros de carga das diferentes regiões do país, maiores são a segurança de abastecimento e a capacidade de otimização do despacho das usinas, gerando uma capacidade instalada virtual de cerca de 20% do parque gerador nacional.

Transmissão

Em dezembro de 2007, o SIN, que é composto da malha de transmissão de tensão acima de 230 kV (tensões abaixo desta pertencem à rede básica das distribuidoras), somava 87.568 km de extensão, o que é singular em termos mundiais. Para se ter uma ideia da dimensão da malha de transmissão brasileira, seu porte é grande o suficiente para conectar toda a Europa, de Lisboa a Moscou, assim como grande parte dos Estados Unidos, da costa leste à costa oeste.³

Como pode ser observado na Figura 1, o SIN abrange grande parte do Brasil, com exceção da Região Norte. Nesse sentido, essa área é isolada do restante do país, e, portanto, sua demanda de eletricidade tem de ser atendida por usinas geradoras locais, movidas principalmente a óleo combustível.

³ O comentário abstrai a necessidade de reforços na rede pelo tamanho da demanda de energia elétrica da região.

Figura 1



Fonte: *Grassi (2005)*.

No entanto, brevemente essa região será conectada ao SIN por intermédio de duas grandes linhas de transmissão, que já foram licitadas. A primeira está atualmente em fase de implantação, e ligará, em 230 kV, a Subestação (SE) Jauru, localizada em Cuiabá (MT), à SE Samuel, em Porto Velho (RO). A segunda ligará a SE Tucuruí (PA) à SE Cariri, que fica em Manaus (AM), passando por Macapá (AP).

Desde 1999, toda a expansão do segmento de transmissão de energia tem ocorrido por meio de leilões públicos realizados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), que obedecem às Leis 8.987, de 13.2.1995; 8.666, de 21.6.1993; 9.074, de 7.7.1995; e 9.648, de 27.5.1998. Dos 15 leilões já realizados, foram licitados 67 projetos, no total de 21.317,6 km de linha de transmissão, sem contar com a capacidade de transformação das subestações.

O ambiente de concorrência provido pelos leilões tem atraído tanto o capital privado quanto o público, e os deságios ofertados pelos participantes têm sido cada vez maiores, atingindo o objetivo do marco regulatório de modicidade tarifária. Também pode ser ob-

servada a grande predominância do investimento privado, com 39 projetos, ou 13.250 km de linhas de transmissão, além dos 12 com participação mista (4.842 km).

A expansão do sistema de transmissão ocorre de forma semelhante à do segmento de geração. São utilizados leilões reversos, nos quais os vencedores são determinados pelo critério de menor valor de receita de transmissão, a chamada receita anual permitida (RAP). Desse modo, a concessão do serviço público de transmissão é arrematada por aquele que ofertar o maior deságio da RAP inicial do leilão. Como o segmento de transmissão de energia é um monopólio natural, desde 1999 vem sendo empregada a concorrência durante o processo de licitação para maximizar a modicidade tarifária e minimizar o lucro extraordinário do monopólio.

Os projetos de transmissão são intensivos em capital e se caracterizam pelo baixo risco de implantação. Em geral, não incorrem em riscos de licenciamento ambiental nem geológico; a engenharia é relativamente simples e a tecnologia dos equipamentos empregados é mundialmente difundida.

Além disso, os riscos operacionais também são reduzidos. O mecanismo de remuneração fixa RAP, pela disponibilidade ao SIN dos ativos do projeto de transmissão, torna o seu fluxo de caixa bastante previsível. O risco de conflito entre os agentes envolvidos também é diminuto em função da estrutura contratual que rege o segmento de transmissão. Isso posto, pode-se afirmar que um projeto de transmissão representa quase uma renda fixa do capital investido.

O grande sucesso da expansão do sistema de transmissão brasileiro deve-se, em grande parte, ao modelo institucional, jurídico e financeiro desenvolvido, o qual busca a diluição dos riscos de implantação e de operação dos projetos entre os diversos agentes envolvidos, com reflexos também na diluição dos riscos de crédito. Com isso, os investidores têm obtido êxito em equacionar as fontes de recursos para a implantação dos projetos, principalmente por meio do mecanismo de *project finance*. Cabe destacar que, nesse aspecto, o BNDES tem desempenhado um papel crucial, como principal provedor das fontes de recursos de longo prazo para a implantação dos projetos de transmissão.

Basicamente, são seis os contratos que regulam os serviços de transmissão de energia elétrica no Brasil:

- Contrato de concessão (CC) – regula a concessão do serviço público de transmissão para construção, operação e manutenção das instalações de transmissão;

- Contrato de prestação de serviços de transmissão (CPST) – estabelece os termos e as condições de administração e coordenação das prestações de serviço de transmissão. Esse instrumento contratual torna o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) o representante de cada transmissora perante os usuários do sistema de transmissão, fazendo com que o ONS desempenhe o papel de “síndico do sistema elétrico nacional”, que tem uma natureza operativa essencialmente condominial;
- Contrato de compartilhamento de instalações (CCI) – estabelece os procedimentos técnico-operacionais e as responsabilidades comerciais e civis que irão regular o compartilhamento das instalações e subestações;
- Contrato de conexão ao sistema de transmissão (CCT) – estabelece condições, procedimentos, responsabilidades técnico-operacionais e comerciais que irão regular a conexão da linha de transmissão com os usuários da rede básica, por meio dos pontos de conexão de propriedade da mesma;
- Contrato de uso do sistema de transmissão (CUST) – estabelece os termos e as condições que irão regular o uso da rede básica; e
- Contrato de constituição de garantia (CCG) – estabelece os termos e as condições de garantia de pagamento e fiel cumprimento das obrigações do contrato de uso do sistema de transmissão.

O Novo Marco Regulatório

Sob a égide do novo marco regulatório, implementado pela Lei 10.848, de 15.3.2004, e regulamentado pelo Decreto 5.163, de 30.7.2004, a regulação passou a considerar as especificidades únicas do setor elétrico nacional, em vez de incorporar modelos de países de base térmica, como no passado. Os objetivos principais que nortearam a implementação do novo marco regulatório foram: garantir a segurança do suprimento de energia elétrica; promover a modicidade tarifária, por meio da contratação eficiente; e promover a inserção social por intermédio da universalização da energia elétrica.

A segurança do suprimento é garantida por uma série de medidas, as quais, direta ou indiretamente, atuam para reduzir o risco de desabastecimento. Entre as medidas diretas, destacam-se:

- realização da expansão do sistema por meio de leilões, nos quais os licitantes vencedores celebram contratos bilaterais de longo prazo com as distribuidoras;
- exigência de que as distribuidoras contratem 100% da sua demanda, quando anteriormente admitia-se uma parcela de 5% de demanda descontratada;
- todo contrato, entendido como instrumento financeiro, deve estar lastreado em capacidade firme de geração; e
- monitoramento permanente do setor de forma que se tomem medidas preventivas contra eventuais desequilíbrios entre oferta e demanda de energia elétrica. Para tal, foi criado o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE).

Com o novo marco regulatório, o Estado volta a assumir papel relevante no planejamento de longo prazo do setor, com a criação da Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Considerando que a base nacional é predominantemente hídrica e que as hidrelétricas levam de quatro a cinco anos para serem implementadas (sem contar o período de estudo de inventário, licenciamento ambiental e elaboração do projeto básico), a expansão do setor elétrico brasileiro precisa ser planejada com bastante antecedência. Esse movimento se coaduna com o permanente monitoramento do setor, com o objetivo de aumentar a segurança do suprimento.

Tendo em vista que a matriz elétrica nacional é caracterizada pela predominância da fonte hídrica, o custo marginal de expansão aumenta progressivamente, pois obedece à ordem crescente de implantação de projetos mais produtivos e próximos dos grandes centros consumidores. À medida que se expande o sistema, projetos mais caros e distantes dos centros consumidores passam a ser elegíveis para implantação. Ao contrário, países com maior fatia de termelétrica e/ou com todo potencial hídrico praticamente explorado têm o custo marginal de expansão constante, dadas as tecnologias atuais de implantação de usinas térmicas, sejam elas nucleares, movidas a carvão, gás natural etc. Esse fato implica maior risco para novos projetos, uma vez que concorrem com usinas já amortizadas e que, portanto, são mais competitivas.

No novo marco regulatório, toda a expansão do parque gerador é feita por intermédio de leilões realizados pela Aneel, nos quais os vencedores são eleitos pelo critério de menor tarifa ofertada. Assim, para reduzir o risco de mercado dos novos geradores, incentivar o investimento em geração e estimular a contratação eficiente da energia pelos consumidores cativos, foi criado o ambiente de contratação regulada (ACR), que passou a ser o mercado para

atendimento do *pool* de distribuidores, funcionando com base em leilões de menor tarifa para energia nova ou existente. Ele então coexiste com o ambiente de contratação livre (ACL), destinado ao atendimento dos consumidores livres⁴ e autoprodutores.⁵

O ACL se baseia na contratação bilateral entre um gerador e um consumidor livre que deverá ter um consumo com demanda maior que 3 MW e tensão superior a 69 kV. As distribuidoras e o sistema de transmissão da rede básica são remunerados pelos serviços de transmissão (tarifa fio), tendo os contratos lastro físico na geração de energia. Todavia, esses contratos costumam ser de médio prazo (cerca de cinco anos) e, portanto, seus preços no momento da renovação contratual estão sujeitos às condições à época do mercado de energia elétrica.

Os leilões de energia nova tanto podem ser para entrega da energia daqui a cinco anos (A-5) ou para entrega daqui a três anos (A-3). No primeiro, as hidrelétricas são supostamente mais competitivas, enquanto no segundo, dado o menor prazo para implantação, as termelétricas tendem a ser mais competitivas. O leilão A-3 é considerado de ajuste da oferta e da demanda projetada para daqui a três anos, permitindo que a demanda estimada seja mais bem calibrada pelas distribuidoras em um horizonte temporal mais curto. Os vencedores dos leilões assinam contratos bilaterais com as distribuidoras do *pool* por um período de fornecimento de 15 ou 30 anos (relativamente a termelétricas e hidrelétricas, respectivamente).

Os leilões de energia existente são realizados anualmente com o objetivo de contratar energia para entrega a partir do ano seguinte, à medida que os contratos em vigor forem vencendo. Os geradores que triunfam nesses leilões assinam contratos bilaterais com cada um dos distribuidores, com prazos entre cinco e 15 anos, que incluem descontrações previstas para os próximos anos.

Os leilões de ajuste destinam-se à contratação de energia existente para o atendimento de distribuidores ainda descontraçados após os leilões de energia nova. Neles, cada distribuidor poderá contratar até 1% de sua carga, firmando contratos bilaterais com prazos máximos de dois anos.

Em prol da modicidade tarifária, relativamente aos projetos hídricos, os consumidores livres e autoprodutores declarados vencedores devem ressarcir o ACR pela diferença entre o valor

⁴ Consumidores livres são aqueles que consomem acima de 3 MW médios em qualquer nível de tensão.

⁵ Autoprodutores são aqueles que produzem energia para consumo próprio. Geralmente são indústrias eletrointensivas.

ofertado e a maior tarifa negociada no leilão (considerado como o custo marginal de expansão, *ceteris paribus*). Essa determinação é baseada no conceito de que os aproveitamentos naturais dos rios são um bem da sociedade brasileira, e é a ela que devem ser direcionados os benefícios da sua exploração. Por outro lado, o novo marco regulatório acabou excluindo os autoprodutores (normalmente as empresas dos setores eletrointensivos) dos leilões e, consequentemente, prescindindo desse capital para os investimentos na expansão do setor.

Conforme já mencionado, um dos objetivos principais do novo marco regulatório é a modicidade tarifária. Entre as suas concepções principais, destaca-se a busca por desvincular do preço da energia elétrica o custo marginal de expansão. Assim, os leilões de energia hídrica foram separados em energia nova e velha, ou seja, energia de projetos já em operação e de projetos a serem implantados, agregando nova capacidade produtiva. Nesse sentido, as usinas antigas, já inteiramente amortizadas, não concorrem com projetos novos, que têm de remunerar todo o custo de implantação e financiamento. Portanto, as usinas antigas e descontratadas não conseguem vender a sua energia por valor próximo ou igual ao preço que viabiliza novos empreendimentos, contribuindo, assim, para a modicidade tarifária. Cabe destacar que esse mecanismo também atua na segurança do suprimento, pois impede que novos projetos, que precisam de tarifas mais elevadas para remunerar o investimento, concorram diretamente com aquelas usinas com o capital já amortizado.

O tipo de contratação de energia também foi dividido em contratos de quantidade e de disponibilidade. Nos contratos de quantidade, inerentes às UHEs, o risco hidrológico é assumido pelo empreendedor, enquanto nos contratos de disponibilidade, que são próprios das usinas térmicas, esse risco é assumido pelos consumidores finais, ou seja, é um contrato de aluguel da usina. Apesar disso, as usinas hidrelétricas contam com meios mitigadores do risco hidrológico, entre os quais se destaca o mecanismo de realocação de energia (MRE).⁶

⁶ O MRE aloca entre as geradoras as diferenças entre a energia gerada e aquela assegurada por cada usina integrante do SIN operada pelo ONS. O principal propósito do MRE é mitigar os riscos hidrológicos, por meio da transferência do excedente de energia daqueles geradores que geraram além de suas energias asseguradas para aqueles que geraram abaixo, de modo que os geradores recebam pela energia assegurada em vez daquela por eles efetivamente gerada. A geração efetiva de energia é determinada pelo ONS, o atual responsável pelo despacho de energia no SIN, tendo em vista as condições de demanda e hidrológicas. Por intermédio do MRE, a receita proveniente da venda de energia elétrica pelas geradoras não depende da energia efetivamente gerada por elas, mas sim da energia assegurada de cada usina, cuja quantidade é fixa e determinada pelo Poder Concedente, constando do respectivo Contrato de Concessão, podendo ser revista pelo Poder Concedente periodicamente.

Outra novidade introduzida no sistema de leilões foi a exigência de licença ambiental prévia para todos os projetos a serem selecionados para participar dos leilões. O objetivo dessa decisão foi tentar reduzir o risco de obtenção da autorização ambiental, o que implica risco de atraso na implantação do projeto. Apesar do avanço obtido, os resultados podem não ser eficazes, uma vez que o problema em questão não se concentra na obtenção da licença prévia, mas sim na de instalação. Nesse sentido, o risco continua sendo dos investidores, já que eles assumem o compromisso de entrega de energia em uma data determinada.

Entre as várias mudanças implementadas pelo novo marco regulatório, destaca-se também a obrigatoriedade definitiva de desverticalização das empresas do setor, além da proibição de *self-dealing*.⁷ Dessa forma, as atividades de geração, transmissão e distribuição de energia tiveram de ser formalmente separadas, devendo os grupos realizar as respectivas cisões de seus ativos.

Sendo assim, com o novo marco regulatório, o setor elétrico nacional passou a ser constituído, institucionalmente, pelos seguintes agentes:

- Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) – órgão criado pela Lei 9.478, de 6.8.1997, visando à formulação de políticas e diretrizes energéticas e assessoramento da Presidência da República;
- Ministério de Minas e Energia (MME) – poder concedente, planejamento setorial;
- Empresa de Pesquisa Energética (EPE) – órgão criado pela Lei 10.847, de 15.3.2004, vinculado ao MME e com a finalidade de prestar estudos e pesquisas destinadas a subsidiar e dar apoio técnico ao planejamento do setor energético;
- Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) – agência reguladora (autarquia federal), criada pela Lei 9.427, de 26.12.1996, vinculada ao MME, e com a responsabilidade de regulação, fiscalização e realização dos leilões de energia;
- Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) – administração dos contratos de compra e venda de energia;

⁷ *Self-dealing* significa celebrar contratos de compra e venda bilaterais entre empresas de um mesmo grupo econômico. Até o novo marco regulatório, era permitido que uma distribuidora de energia contratasse até 30% de sua carga de suas próprias geradoras.

- Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE) – acompanhamento da continuidade e qualidade do suprimento de energia; e
- Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) – despacho de carga centralizado.

Os setores de infraestrutura – entre os quais se insere o setor elétrico – são caracterizados por prover ativos empregados na produção/utilização de serviços públicos, o que impõe ao Estado a necessidade de atuar direta ou indiretamente para a sua viabilização, fornecendo ele próprio esses serviços (diretamente), ou regulando-os para que os agentes privados atuem em favor do interesse coletivo (indiretamente). Em geral, setores de infraestrutura têm indivisibilidades técnicas que os caracterizam como monopólios naturais. Isso implica que o Estado deve estruturar meios para que seja expurgado o ganho do monopolista em prol da sociedade, por meio da viabilização da concorrência, ainda que concentrada na fase de licitação, ou por intermédio da regulação, como no caso das distribuidoras de energia elétrica.

Os setores de infraestrutura, em particular o setor elétrico, também são marcados por exigências de grandes inversões iniciais de capital, presença de capacidade ociosa e demanda com baixa elasticidade de preço. Por outro lado, as margens operacionais são mais elevadas, previsíveis e duradouras, diferentemente de outros setores industriais. A conjugação dessas características é o que possibilita o aumento considerável da alavancagem financeira no equacionamento das fontes de recursos para a implantação de projetos nos setores de infraestrutura, notadamente por meio do *project finance*.

O mecanismo de *project finance* há tempo vem sendo objeto de estudo pela academia no mundo inteiro. Inúmeros são os artigos que o conceituam, definem, quantificam e traçam seu histórico. Dessa forma, este artigo não procurou abordar o *project finance* no sentido amplo, restringindo-se apenas aos aspectos inerentes à realidade brasileira e, mais especificamente, à expansão do setor elétrico nacional nos últimos anos.

No Brasil, o *project finance* teve impulso na segunda metade da década de 1990. Com o início das reformas institucionais nos setores de infraestrutura, o Estado deixou de ser o principal investidor em projetos, passando a função à iniciativa privada. Nesse

O Padrão de Financiamento e o Mecanismo de *Project Finance*

O Mecanismo de *Project Finance*

sentido, a alternativa do *project finance*, baseada em contratos privados de longo prazo, não era necessária até então, já que, no financiamento dos projetos de infraestrutura estatais, não havia necessidade de oferecer garantias aos entes financeiros públicos. As reformas ocorreram principalmente nos setores de telecomunicações, energia elétrica, petróleo e gás e infraestrutura de transporte.

Diversas são as definições de *project finance*, as quais podem ser assim sintetizadas: o *project finance* é um mecanismo de estruturação de financiamento a uma unidade ou conjunto de unidades produtivas (projeto) legalmente independentes dos investidores (patrocinadores), na qual os financiadores assumem que o fluxo de caixa a ser gerado e os ativos do projeto são as fontes primárias de pagamento e garantia do financiamento. O fato de o projeto ser legalmente independente significa que os investidores devem constituir uma sociedade independente (sociedade de propósito específico – SPE) para a implantação do projeto.

Normalmente, durante o período de implantação do projeto, os financiadores podem recorrer – integralmente (*full-recourse*) ou não recorrer (*no-recourse*) – aos ativos dos investidores para assegurar o pagamento do crédito. Ou seja, embora seja desejável, não há a obrigatoriedade de os projetos serem completamente autossuficientes desde seu início, de modo que os credores prescindam da solidariedade dos patrocinadores. Dessa forma, o *project finance* difere do financiamento corporativo, pois este é amparado nos ativos e no fluxo de caixa dos investidores.

Uma condição básica para a implementação de um *project finance* é a identificação de todos os riscos inerentes à implantação do projeto. Não obstante, esses riscos devem ser mitigados e “alocados” a todas as partes envolvidas na estruturação do financiamento. Entre as partes, podem ser destacadas as seguintes: SPE; patrocinadores (investidores que aportam capital na SPE); financiadores/debenturistas; seguradoras; agentes administradores de contas (*trustees*, no caso anglo-saxão); construtores; poder concedente, no caso de serviços regulados; compradores dos produtos produzidos; fornecedores de insumos; e operadores do projeto na sua fase operacional.

A análise dos riscos de um projeto é fator fundamental na estruturação do *project finance*. Segundo Tinsley (2000), os riscos de um *project finance* são classificados em 16 grupos, que sinteticamente podem ser segregados nas fases de desenvolvimento, implantação e operação. Esses riscos estão diretamente ligados às condições necessárias para a estruturação de um *project finance* e são apresentados a seguir, agregados em nove categorias.

a) Risco de Suprimento

O risco de suprimento refere-se ao acesso a insumos para o projeto em quantidades, qualidade, preços e prazos previstos. Em relação ao setor elétrico, o risco não afeta o segmento de transmissão, pois não incorre em um processo produtivo. Quanto ao segmento de geração, o risco de suprimento está associado ao tipo de fonte de energia.

Conforme já mencionado na seção sobre o novo marco regulatório, o risco de suprimento em projetos hídricos está associado à disponibilidade de água para ser turbinada, pois o tipo de contrato instituído pelo novo modelo é de quantidade; no entanto, o risco hidrológico é mitigado pelo mecanismo de funcionamento do setor. Primeiramente, as usinas podem comercializar, no máximo, a sua energia assegurada. Em segundo lugar, todas as usinas hidrelétricas (aqui se excetuam as pequenas centrais hidrelétricas e centrais geradoras hidrelétricas) participam do MRE, e, desse modo, o risco hidrológico é diluído por todas as usinas em cada subsistema. Além disso, no caso de o subsistema não gerar energia suficiente para determinada usina, esta poderá ser suprida por outro subsistema até o limite da capacidade de transmissão entre os dois, mas ficará exposta à diferença do preço de liquidação de diferenças (PLD).

Cabe destacar que a energia assegurada pode ser reduzida a cada cinco anos ou na ocorrência de eventos extraordinários, conforme determina o Decreto 2.655, de 2.7.1998; a redução, porém, nunca pode ser superior a 5%, ou 10% no acumulado.

No caso de projetos termelétricos, o risco de suprimento realmente existe (gás, óleo, carvão etc.) e deve ser mitigado e/ou compartilhado contratualmente com seus fornecedores, de forma que garanta ao projeto uma quantidade mínima a ser fornecida e/ou um preço máximo de fornecimento. Esses contratos podem imputar ao fornecedor a responsabilidade pela produção de insumos com terceiros, caso ele não possa honrá-lo. Os riscos de suprimento também podem ser mitigados por mecanismos de gatilho. Além disso, o patrocinador pode contratar seguros contra a falta de insumos ou, ainda, proteger-se contra oscilações no preço do insumo com mecanismos de *hedge*, tais como contratos futuros, contratos a termo, ou opções.

Cabe destacar que, conforme já abordado anteriormente, a partir do novo marco regulatório, as termelétricas assinam contratos de disponibilidade, ou seja, é um aluguel da usina para estar à disposição de operação pelo ONS, de modo similar às linhas de transmissão. Portanto, o risco hidrológico é transferido para os consumidores finais.

b) Risco de Mercado

O risco de mercado refere-se às possíveis disparidades entre as previsões que serviam de base ao exame da viabilidade econômica e do dimensionamento da operação e a demanda real de bens e serviços a que ela é destinada a satisfazer. A literatura econômica em geral considera que, no setor energético, esse risco é relativamente menos importante porque não existe concorrência dentro do mercado; no máximo há concorrência no acesso ao mercado, ou seja, nos leilões.

No segmento de transmissão, também não há risco de mercado considerável pelas razões já expostas anteriormente. Os projetos de transmissão são remunerados pela RAP por intermédio de contratos de trinta anos, ou seja, possuem receitas previsíveis e de longo prazo. Além disso, o risco de crédito é bastante reduzido pela estrutura contratual e pelo fato de ser diluído entre todos os agentes usuários do SIN, sejam geradores ou consumidores.

Quanto ao segmento de geração, o risco de mercado também já foi abordado. No ACR, os projetos possuem 70% da sua energia, no mínimo, amparada por contratos de longo prazo (15 e trinta anos), que, assim como na transmissão, possui risco de crédito mitigado e diluído. Os 30% (no máximo) restantes da energia podem ser destinados ao ACL, e o projeto passa a assumir o risco de crédito dos compradores.

De forma geral, pode-se afirmar que os novos projetos de geração e transmissão de energia elétrica são lastreados por contratos de longo prazo, com baixo risco de crédito e valores bastante previsíveis, sendo, portanto, bastante vantajoso para a estruturação de financiamento por meio do *project finance*.

c) Risco Operacional

O risco operacional envolve aspectos tecnológicos, gerenciais e de custo, que são inerentes à fase operacional. O setor elétrico é tecnologicamente maduro, e novos avanços tecnológicos⁸ não costumam ser prejudiciais para projetos em implantação ou já implantados. Na verdade, a variável do avanço tecnológico é mais evidente durante a fase de desenvolvimento. No entanto, em função do esquema de concorrência na fase concessão/autorização (leilão), os ganhos tecnológicos acabam por ser refletidos nos preços de oferta, e, portanto, capturados pelo consumidor.

⁸ Cabe ressaltar que os credores entendem que riscos tecnológicos devem ser assumidos pelos patrocinadores.

Entretanto, nenhum projeto está imune aos riscos de falha humana, material, ou outros que venham a prejudicar os lucros. Nesse sentido, tanto as SPEs de transmissão como de geração celebram contratos longos de operação e manutenção da planta produtiva (contratos de O&M), que podem ser com os próprios patrocinadores, além de fazerem seguros operacionais. Esses contratos são essenciais para a estruturação de um *project finance*, pois o fluxo de caixa do projeto é a principal garantia do financiamento durante a fase operacional e, por isso, deve ser “blindado” dos impactos negativos por meio da alocação de tais riscos a quem tem mais competência para assumi-los.

O componente gerencial do risco operacional está relacionado à ineficiência administrativa. Primeiramente, os principais prejudicados são os próprios patrocinadores, pois têm seus ativos mal geridos. Dessa forma, a SPE, por ser protegida por regras rígidas e claras de governança corporativa, acaba se protegendo também do conflito entre os próprios patrocinadores. Além disso, na estrutura de *project finance*, esse risco é mitigado pela inclusão de *covenants* ou obrigações no contrato de financiamento, tais como necessidade de atingir determinados índices financeiros, necessidade de anuência dos credores para a celebração de contratos, restrições na administração e destinação do fluxo de caixa do projeto.

d) Riscos de Implantação

Nos setores de infraestrutura, ao contrário dos demais setores industriais, os riscos do período de construção são os mais importantes. Isso é uma contrapartida dos perfis temporais dos fluxos de despesas e receitas. As maiores e mais prolongadas despesas iniciais fazem com que os custos irrecuperáveis (*sunk costs*) de uma planta inacabada sejam bem mais significativos nos setores de infraestrutura. Depois de concluída a fase de implantação, a maior estabilidade das receitas faz com que, em geral, os riscos de exploração sejam menores nos projetos de infraestrutura do que nos demais projetos industriais.

Consequentemente, o principal componente de risco em um *project finance* está associado à fase de implantação. Conforme já mencionado, os riscos de um projeto se sobrepõem, e, portanto, um problema durante a fase de implantação pode desencadear outros, que, por fim, impedem, postergam ou prejudicam a fase operacional do projeto.

Os arranjos de garantias para mitigar o risco de não-conclusão envolvem compromissos de que o projeto será entregue em um prazo estabelecido, havendo margens predefinidas para atrasos, atendendo às especificações de eficiência operacional e, em

alguns casos, de que seja cumprido o orçamento da construção. Nesse sentido, os credores usualmente exigem que os patrocinadores se comprometam a aportar recursos próprios antecipadamente à liberação do financiamento e que celebrem contrato de suporte para garantir o aporte para eventuais aumentos no orçamento. Do mesmo modo, aos acionistas cabe não apenas aportar os recursos próprios, mas garantir, empenhar as ações e principalmente os recebíveis dos projetos, que, uma vez performados, garantem automaticidade ao serviço da dívida, por intermédio da cessão e da reserva de meio de pagamento.

Conforme já mencionado, existem testes de conclusão para atestar que o projeto foi concluído sob os aspectos técnicos e financeiros. À medida que os índices que compõem os testes vão sendo atingidos, os suportes de garantia fornecidos pelos patrocinadores passam a ser regressivamente exigidos pelos credores, cada vez em menor grau, até que cessem as exigências. Caso o projeto não tenha êxito nos testes de conclusão, podem ser acionadas as cláusulas de vencimento antecipado da dívida.

Diversos são os tipos de riscos que podem ser mais característicos da fase de implantação:

- Riscos de Construção

Os riscos de construção estão associados a erros no processo ou na concepção do projeto que podem levar a um descumprimento dos prazos originais, a uma má *performance* do empreendimento, ao aparecimento de custos extras, ou até a sua inviabilização. Para que esses riscos não ocorram ou sejam mitigados, devem ser divididos de maneira adequada entre as partes responsáveis pela construção.

Assim, os patrocinadores procuram transferir, ao máximo, o risco de conclusão para os construtores e fornecedores de equipamentos por meio da celebração de contratos *turn-key lump sum* do tipo *empower procurement and construction* (EPC), segundo o qual o construtor é obrigado a entregar, por preço pré-acordado, o projeto funcionando sob determinadas especificações, tendo a responsabilidade de construção sobre todo o projeto; entretanto, esse tipo de contrato é mais custoso, pois a margem e o risco dos construtores e fornecedores são maiores. Por outro lado, os construtores e fornecedores contratam seguros diversos, de forma a reduzir os riscos por eles assumidos. Entre os seguros geralmente contratados (e que são exigidos pelos financiadores), podem ser mencionados os de engenharia; responsabilidade civil; transportes; lucros cessantes – entre os quais se destacam *advance loss of profit* (ALOP) e *delay in start-up* (DSU) –; e *performance*.

A construção do empreendimento também envolve outras demandas e agentes. Os projetistas têm de estar em constante contato com os construtores e fornecedores. Ambos devem possuir experiência e boa saúde financeira e também contratar empresas para fazer a interface entre suas obrigações recíprocas e o cronograma de implantação. Além disso, a SPE contrata empresas de engenharia (engenheiro do proprietário) para fiscalizar a execução das obras, enquanto os financiadores também podem contratar sua engenharia de acompanhamento das obras.

Na verdade, os riscos de construção somente se encerram após o início da operação, com os testes efetivos dos equipamentos e demonstração da capacidade de desempenho técnico e financeiro do projeto.

Na implantação de um empreendimento de energia elétrica, em particular nos projetos de geração e transmissão, o risco de construção é bem distinto. Projetos de transmissão se caracterizam pelo baixo risco e curto período de implantação; neles, a engenharia é relativamente simples, e a tecnologia dos equipamentos empregados é universalmente difundida. Em contraposição, a construção de usinas de geração é mais arriscada e demorada, dependendo primordialmente do projeto de cada empreendimento.

- Riscos de Caso Fortuito e Força Maior e Ambiental

Esse risco está associado a eventos inesperados que, de certa forma, não podem ser controlados ou previstos. Suas causas podem ser originárias de ações:

- da natureza – catástrofes naturais como enchentes, tsunamis, furacões, tornados, terremotos, incêndios, erupções vulcânicas etc.;
- do homem – guerras, terrorismo, greves, insurreições (podem ser políticas), sabotagem, espionagem e fraudes etc.;
- do governo e políticas (atos do príncipe) – atividades organizadas, de cunho político, que provocam impactos sociais, como decretação de estado de sítio ou de toque de recolher; a ocorrência de greves gerais, insurreições sociais, e outros tipos de manifestação. O risco político refere-se ao ambiente institucional em que o projeto se encontra e às possibilidades de mudanças provocadas por entes políticos que possam, de alguma maneira, prejudicar o projeto; e

- impessoais – aquelas que ocorrem por nenhuma razão em particular, como crise no sistema financeiro global, colapsos na rede de energia elétrica, colapsos na rede de transporte etc.

Conforme já abordado, relativamente ao risco político, o novo marco regulatório consolidou favoravelmente o ambiente institucional de funcionamento do setor elétrico, favorecendo a estruturação de projetos com base no *project finance*. Dessa forma, pode-se dizer que, atualmente, o risco regulatório é reduzido tanto para o segmento de geração quanto para os de transmissão e distribuição. Além disso, criou condições para a associação do capital público e privado na implementação de novos projetos.

Outro risco político seria o da encampação da concessão pelo poder concedente, o que parece menos razoável, a não ser que os empreendedores não cumpram com suas obrigações perante o poder concedente. A princípio, não se espera esse tipo de atitude de empreendedores desse porte e de grupos empresariais a que pertencem. No entanto, esse risco existe, e a maneira de mitigá-lo é uma cuidadosa gestão financeiro-empresarial e operacional da SPE.

O risco ambiental é uma variável capaz de gerar perdas significativas para o projeto, as quais podem ter origem no aumento dos custos com compensações ambientais, com a paralisação das obras ou operação do projeto, em razão de embargos ambientais, manifestações de grupos ambientalistas etc. Além disso, problemas socioambientais podem deteriorar as relações entre as partes envolvidas, principalmente, entre os patrocinadores e autoridades governamentais.

Os projetos hídricos a serem implantados e em implantação têm sido expostos cada vez mais ao risco ambiental, com problemas de licenciamento, paralisações e aumento de custos, sendo preteridos em prol de termelétricas de combustão fóssil, cujo efeito é consideravelmente mais danoso ao meio ambiente.

É importante destacar que os riscos de caso fortuito, força maior e ambiental não são cobertos pelos mecanismos de seguro, salvo raríssimas exceções. Portanto, na estruturação do *project finance*, deve ser avaliado se esse tipo de risco é mais evidente e provável, ou não. Para os projetos de sistemas de transmissão, esses riscos têm baixa ocorrência e impacto diminuto, logo, podem ser assumidos pelas partes envolvidas na implantação do projeto, até pelos credores, o que pode tornar possível a estruturação do *project finance no-recourse* ou *limited-recourse*. Já no caso da implantação de uma UHE, por exemplo, esses riscos são mais prováveis e

têm um impacto maior sobre o equilíbrio econômico-financeiro do projeto. Nesse caso, a estruturação de *project finance* costuma ser realizada na forma *full-recourse*, de modo que os patrocinadores assumam tais riscos.

Outras formas de mitigação, afora os instrumentos contratuais, são: provisão de recursos extras para cobrir excedentes de custo de construção, previsão de atrasos no fluxo de caixa projetado, obtenção prévia de aprovações ambientais e de demais autorizações pelas instituições governamentais competentes.

e) Riscos de Custos Financeiros

Normalmente, os riscos de custos financeiros ocorrem após a estruturação das fontes de recursos do projeto, seja por meio de *project finance* ou não. No caso do *project finance*, o valor do financiamento baseia-se na capacidade de pagamento do fluxo de caixa do projeto sobre o fluxo de pagamentos de principal e juros da dívida (índice de cobertura do serviço da dívida). Em casos extremos de descasamento acentuado entre os indicadores de correção dos ativos e passivos do projeto, a capacidade de pagamento do financiamento pode ser comprometida. Para projetos de geração e transmissão de energia elétrica, os maiores exemplos desses riscos são as desvalorizações cambiais e o descasamento entre a taxa de juros de longo prazo (TJLP) e a inflação.

Nesses projetos, o fluxo de caixa operacional é indexado, na sua grande maioria, à inflação (seja IPCA ou IGP-M). Para financiamentos em moeda estrangeira, a desvalorização cambial implica um aumento súbito do fluxo de pagamento da dívida em relação ao fluxo operacional, comprometendo, portanto, a capacidade de pagamento do projeto. O mesmo fato (porém em menor magnitude) verifica-se em financiamentos em TJLP, quando o índice de inflação que indexa o fluxo de receitas é consideravelmente inferior à variação da TJLP que indexa a dívida.

No entanto, esses riscos podem ser mitigados de diversas formas na fase de estruturação do financiamento. Para dívidas atreladas a moedas externas, pode-se exigir à SPE que contrate instrumentos de *hedge* de variação cambial *versus* índice de inflação de indexação das receitas (IPCA ou IGP-M). Do mesmo modo, para o cálculo do valor do financiamento, devem ser realizadas simulações probabilísticas e de estresse, de forma que se tornem conhecidos os eventos que comprometem a liquidez da SPE. O financiamento também deve contar com uma folga mínima do índice de cobertura do serviço da dívida (normalmente igual a 1,3) e reserva dos meios de pagamento, composta de: (i) conta centralizadora de receitas; e (ii) conta reserva não inferior ao fluxo de pagamento de três meses

do serviço da dívida e custos operacionais (não movimentáveis pela SPE), além da conta movimento.

f) Risco Legal

O risco legal afeta as partes envolvidas no projeto por meio de efeitos prejudiciais advindos das relações contratuais entre elas e terceiros (microeconômicos) ou relativamente aos sistemas jurídicos do país e/ou de domicílio dos principais agentes envolvidos (macroeconômicos).

Conforme Chagas (2006), o direito consuetudinário anglo-saxão (conhecido como *common law*) baseia-se na jurisprudência, consubstanciada pelos costumes da sociedade, em que os contratos possuem maior robustez legal. No Brasil, o sistema jurídico baseia-se no direito romano, em que os códigos legais são mais importantes que a jurisprudência e os costumes. Nesse sentido, o sistema jurídico brasileiro determina que o interesse público pode sobrepor-se ao privado (contratos administrativos), e seus instrumentos legais são menos efetivos e mais frágeis, exigindo maior cautela por parte dos investidores do que no ambiente da *common law*. Assim, no Brasil, foi e é ainda necessário o desenvolvimento de marcos regulatórios dos diversos setores econômicos para a viabilização de projetos por meio de *project finance*.

Borges (2005) cita também diferenças específicas entre os sistemas jurídicos brasileiro e anglo-saxão que implicam alteração no escopo do mecanismo de *project finance*, como a figura do *trustee*. O *trustee* é o agente do *trust*, que, por sua vez, é o contrato anglo-saxão em que ativos são transferidos para a propriedade de um terceiro designado para agir de determinada forma ou para atingir certo fim. Esse tipo de contrato não é aceito no direito brasileiro por atentar contra princípios de sucessão e de insolvência. Com isso, no Brasil, o *agente fiduciário* não tem a propriedade dos bens sobre os quais deve agir, sendo, no máximo, fiel depositário de alguns bens ou direitos, ou, em outros casos, administrador ou gestor de recursos de terceiros.

Cabe destacar que as responsabilidades, garantias e divisão de riscos num *project finance* exigem contratos complexos, confiáveis e respeitados, além de um ambiente legal em que seja possível fazer valer os contratos judicialmente (*law enforcement*). Essas relações contratuais de alocação de riscos constituem uma das bases da estrutura financeira em questão, com a tendência de substituição das garantias usuais (carta de fiança, hipoteca, aval, carta de crédito etc.) por garantias de construção ou de *performance* durante a fase de implantação do projeto, e, preferencialmente,

por garantias ligadas ao fluxo de caixa do projeto durante sua fase de operação.

g) Risco de Participantes

Esse risco está ligado às inter-relações entre todos os agentes envolvidos tanto na implantação do projeto como na estruturação do *project finance*. Por exemplo, o contrato de EPC inclui diversas partes que devem interagir coordenadamente entre si, sejam os construtores civis, os fornecedores de equipamentos, os montadores, os projetistas etc. Da mesma forma, os credores devem ter respaldo das agências reguladoras, nesse caso a Aneel, para cessão ou penhor dos direitos emergentes da concessão ou autorização, assim como para a notificação aos clientes da SPE para a centralização dos pagamentos no agente financeiro arrecadador de recursos. Enfim, o risco de participantes diz respeito tanto à capacidade creditícia quanto à relação entre as partes (patrocinadores, investidores de capital próprio, credores, detentores de títulos de dívida emitidos pelo projeto, governo, fornecedores, construtores, operadores, compradores da produção, consultores financeiros, legais, ambientais, engenheiros independentes etc.).

O risco de participantes pode ser mitigado por intermédio de instrumentos que evitem ou coíbam qualquer recusa ou transferência de responsabilidade entre as partes, como dar atenção especial ao *compliance* de contratos e imputação de garantias cruzadas entre os agentes envolvidos em determinado contrato. Cabe também destacar que, conforme anteriormente ressaltado, nos ambientes institucionais anglo-saxões, as cláusulas *step-in-right* – que propiciam, em certos eventos de *default*, que os credores possam assumir diretamente a operação e a propriedade do projeto – sempre foram possíveis, ao contrário do que acontecia no Brasil, onde só passaram a ser admitidas recentemente com a Lei das Parcerias Público-Privadas (PPP).

O setor elétrico reúne um conjunto de condições que propiciam a estruturação de novos projetos por meio do mecanismo de *project finance*, entre as quais se destacam as seguintes:

Considerações sobre o *Project Finance*

- Primeiramente, os ativos de geração e transmissão de energia são fisicamente identificáveis e, portanto, podem ser econômica e legalmente segregados por meio de uma SPE. Não obstante, conforme já mencionado, o setor é caracterizado por grandes inversões de capital, com elevadas margens operacionais, exigindo, assim, financiamentos em montante alto o suficiente para inibir ou impedir

que os investidores o obtenham por meio de ofertas de garantias corporativas.

- Os projetos costumam apresentar fluxo de caixa previsível.⁹ Conforme já abordado, projetos de transmissão possuem receita predefinida e indexada anualmente à inflação (IPCA ou IGP-M), sendo considerada uma renda fixa. Projetos de geração contam com contratos de compra e venda de energia de longo prazo, apesar de poderem ter suas receitas reduzidas, mas em escala e probabilidade relativamente reduzidas ou, caso contrário, mitigável.
- Ambiente regulatório estável favorável após as reformas do setor iniciadas na década de 1990 e consolidado com a instituição do novo marco regulatório.
- Estabilidade econômica e institucional do país.

As especificidades do setor elétrico mencionadas anteriormente, que o tornam favorável à estruturação de *project finance*, também podem ser consideradas para outros setores da infraestrutura, como portos, aeroportos, rodovias, ferrovias e exploração energética. No entanto, deve-se ater às condições do ambiente regulatório favorável à realização de financiamentos estruturados. Nesse sentido, torna-se mister a implantação de marcos regulatórios nesses segmentos, assim como realizado no setor elétrico.

Por meio da intensificação do uso da estruturação de projetos por intermédio do mecanismo de *project finance*, poderão ser reduzidas a restrição de capital e as garantias dos agentes privados que são necessárias para os vultosos investimentos nos setores de infraestrutura. Nesse aspecto, o *project finance* poderá ser utilizado para alavancar o desenvolvimento da infraestrutura do país, diminuindo as amarras para o desenvolvimento, a exemplo do que foi feito na Espanha.

⁹ Na verdade, a previsibilidade do fluxo de caixa está diretamente relacionada com a característica de capital intensivo. Altas inversões de capital requerem altos financiamentos (alavancagem), que apenas são possíveis com um fluxo de caixa alto (margens operacionais elevadas) e previsível. Projetos com fluxo de caixa volátil e margens operacionais mais apertadas também podem ser estruturados por meio do *project finance*, pois naturalmente o capital requerido para o investimento é relativamente menor (mantendo-se o mesmo nível de retorno ou giro sobre o ativo operacional ou capital próprio e abstraindo-se o risco intrínseco). Ou seja, o valor máximo de financiamento que o fluxo de caixa do projeto suporta, sendo este calculado de forma conservadora em face de sua volatilidade, é suficiente para chegar a uma alavancagem satisfatória para o investimento requerido, pois este não é relativamente elevado como no setor elétrico.

Atuação do BNDES no Setor Elétrico

Ao longo dos últimos anos o BNDES tem contribuído intensivamente para a expansão do setor elétrico brasileiro, sendo o principal agente provedor de recursos de longo prazo para o equacionamento das fontes de recursos dos projetos, atuando direta ou conjuntamente com instituições financeiras repassadoras. De 2003 a junho de 2008, foram apoiados 210 projetos, no montante financiado de R\$ 32,2 bilhões, para investimentos de R\$ 54,5 bilhões, como pode ser observado na Tabela 2.

Relativamente à geração de energia elétrica, o BNDES aprovou no período 142 projetos, com um montante de financiamento no valor de R\$ 21,3 bilhões e investimentos de R\$ 36,2 bilhões, agregando ao sistema elétrico brasileiro 15.214 MW de potência instalada. Também se destaca a forte predominância das hidrelétricas, que concentraram R\$ 13,6 bilhões de financiamentos, com uma expansão de capacidade de 11.130 MW. Quando consideradas também as pequenas centrais hidrelétricas (PCHs), os números aumentam para R\$ 17,6 bilhões em financiamentos, ou 12.476 MW de potência, o que perfaz 82% do incremento total.

O segmento de transmissão também teve apoio substancial do BNDES. No mesmo período, foram aprovados 34 projetos, o que representa 9.846 km adicionais em linhas de transmissão (sem considerar o aumento da capacidade de transformação), com financiamentos de R\$ 5,9 bilhões em um universo de R\$ 9,8 bilhões de investimentos. Somente os projetos apoiados pelo BNDES nesse período representam cerca de 11,3% da malha de transmissão do SIN, que possuía cerca de 87 mil km em dezembro de 2007.

Tabela 2

Operações Aprovadas pelo Departamento de Energia Elétrica de 2003 a Junho de 2008

SEGMENTO	CAPACIDADE INSTALADA	NÚMERO DE PROJETOS	FINANCIAMENTO BNDES (Em R\$ Mil)	INVESTIMENTO PREVISTO (Em R\$ Mil)
1. Geração	15.214 MW	142	21.324.763	36.196.706
Hidrelétricas	11.130 MW	37	13.676.117	23.673.936
Termelétricas	1.549 MW	4	1.136.838	3.226.910
PCH	1.346 MW	67	3.905.156	5.720.307
Biomassa	955 MW	30	1.985.152	2.536.246
Eólicas	234 MW	4	621.500	1.039.308
2. Transmissão	9.846 km	34	5.903.944	9.827.610
3. Distribuição		31	4.931.964	8.499.458
4. Racionalização (Proesco)		3	2.440	2.863
Total		210	32.163.111	54.526.637

Após o racionamento de energia elétrica de 2001/2002, as distribuidoras de energia apresentavam restrições de seus indicadores financeiros para alavancar seus programas de investimento. Nesse período, o apoio financeiro do BNDES restringiu-se aos empréstimos emergenciais (Recomposição de Tarifa Extraordinária – RTE – e Conta de Compensação de Variação de Valores de Itens da Parcela A – CVA), que foram de R\$ 2,1 bilhões.¹⁰ A partir de 2004, a situação econômico-financeira das distribuidoras melhorou e, com isso, o BNDES intensificou sua atuação no apoio aos programas plurianuais de expansão da capacidade de distribuição. Nesse sentido, foram aprovados 31 projetos no período, com financiamento de R\$ 4,9 bilhões e investimentos da ordem de R\$ 8,5 bilhões.

O apoio do BNDES via *project finance* no setor elétrico iniciou-se no segmento de transmissão. Isso se deve ao baixo risco de crédito dos projetos, em função, principalmente, do reduzido risco de implantação, rápida construção (o que implica aporte antecipado do capital próprio) e receita fixa (RAP) indexada à inflação.

Considerando o setor de infraestrutura como um todo, nos últimos dez anos foram aprovados 138 projetos no BNDES nos moldes de *project finance*, totalizando R\$ 50,1 bilhões em financiamentos, para R\$ 93,1 bilhões em investimentos, como pode ser observado na Tabela 3. Em relação ao setor de energia elétrica, foram aprovados 93 projetos, com R\$ 39 bilhões em financiamentos, para R\$ 52,9 bilhões em investimentos.

Esses números demonstram a importância do *project finance* na estruturação dos projetos, em face das restrições de capital e garantias. Nesse aspecto, vale destacar que todos os projetos de transmissão foram realizados na forma de *project finance*. Já em relação ao segmento de geração hídrica, a sua utilização é mais recente e relativamente menor, até porque, antes do novo marco regulatório, a figura do autoprodutor era mais presente, e o *project finance* não era possível pelo fato de os projetos serem alocados com os ativos dos investidores.

Em função das vantagens relacionadas anteriormente em estruturar uma operação de financiamento para empresas de infraestrutura na modalidade de *project finance*, a tendência para os próximos anos é a de consolidação do *project finance* como mecanismo primordial para o financiamento de projetos *greenfield*.

- A Atuação do BNDES e a Modicidade Tarifária

A atuação do BNDES no setor de energia tem por objetivo propiciar os meios financeiros para a expansão da oferta de forma

¹⁰ Valor não considerado na Tabela 2.

Tabela 3

Operações Aprovadas de *Project Finance* nos Últimos Dez Anos

SETOR	QUANTIDADE DE PROJETOS	FINANCIAMENTO (Em R\$ Bilhões)	INVESTIMENTO (Em R\$ Bilhões)
Energia Elétrica	93	39,0	52,9
Geração Hidrelétrica	22	18,5	30,3
Geração Termelétrica	4	12,0	9,2
PCHs	28	1,8	2,6
Transmissão	34	6,2	10,1
Fontes Alternativas	3	0,3	0,5
Cogeração	2	0,2	0,2
Telecomunicações	5	4,8	21,1
Logística	31	3,9	10,8
Rodovias	19	2,2	4,5
Portos, Terminais e Armazéns	8	1,2	4,3
Ferrovias	4	0,4	2,0
Gás e Petróleo	8	1,6	7,0
Transp. e Distr. Gás	5	0,4	0,8
Expl. Prod. Refino de Petróleo	2	0,3	3,0
Transp. Dutoviário	1	0,8	3,2
Construção Naval	1	0,8	1,4
Total	138	50,0	93,1

adequada e atrair novos investidores, de modo que garanta as condições necessárias para o crescimento econômico sustentado do país. Em linha com as diretrizes do novo modelo do setor elétrico, desde 2003 o BNDES vem aperfeiçoando as condições operacionais de apoio financeiro aos projetos de investimento em energia elétrica, contribuindo, portanto, para a modicidade tarifária. Entre as medidas implementadas no período em referência, que vêm contribuindo para a modicidade tarifária, destacam-se as seguintes:

1) fim da parcela de 20% do financiamento em cesta de moedas, sendo o atual custo financeiro baseado em 100% em TJLP;

2) redução expressiva tanto do *spread* básico, de 2,5% para 0,9% e 1,3%, quanto dos *spreads* de risco, de 2,5% médios para 1,3%;

3) elevação dos prazos máximos de amortização de 12 para vinte anos para projetos de geração hídrica acima de 1.000 MW;

4) elevação dos percentuais máximos de participação nos itens financiáveis de 70% para 80%, limitados a 75% do investimento total e aporte mínimo de 20%; e

5) aprovação da Resolução que regulamenta a estruturação de projetos sob a ótica de *project finance*.

Tendo por base as medidas mencionadas anteriormente, procurou-se realizar uma simulação sobre a avaliação econômico-financeira de um projeto hipotético. A análise foi baseada tomando-se como referência um projeto de implantação de uma hidrelétrica de porte médio (cerca de 500 MW de capacidade nominal), com fator de capacidade de 60% e um custo médio de R\$ 3,5 milhões/MW de capacidade instalada. Também foram adotadas premissas de natureza financeira, como o retorno do capital próprio dos acionistas da ordem de 12% a.a., entre outros.

Pelos resultados apresentados, verifica-se que, *ceteris paribus*, variando as condições do apoio financeiro do BNDES, a tarifa de energia de um projeto de uma hidrelétrica que remunera o

Tabela 4

Evolução das Políticas Operacionais do BNDES para Geração Hidrelétrica

DESCRIÇÃO	2003/2004	2005	2006	2007	2008
Tipo de Amortização	SAC	SAC	SAC	SAC	SAC
Conta Reserva	3 meses	3 meses	3 meses	3 meses	3 meses
Prazo de Amortização	Até 12 anos	Até 12 anos	Até 14 anos	Até 16 anos	Até 20 anos
Custo Financeiro	80% TJLP / 20% Cesta de Moedas	80% TJLP / 20% IPCA	100% TJLP	100% TJLP	100% TJLP
Participação Máxima do BNDES (Itens Financiáveis) (%)	70	80	80	85	80
ICSD Mínimo	1,30	1,30	1,30	1,30	1,20
Remuneração Básica (A) (%)	2,5	2,5	1,5	1,0	0,9
Risco de Crédito (B) (%)	1,5	1,5	0,8 a 1,8	0,46 a 3,57	0,46 a 3,57
Remuneração Total BNDES (A + B) (%)	4,0	4,0	2,3 a 3,3	0,96 a 4,57	0,96 a 4,57

Tabela 5

Variação da Tarifa de Energia e Participação do BNDES em Função da Política Operacional

	ANO	ICSD MÍN.	PRAZO DE AMORT. (Meses)	CUSTO FINANCEIRO	% BNDES	CUSTO TOTAL BNDES (Média)	TIPO DE AMORT.	VARIAÇÃO DA TARIFA (%)
Premissas	2003 e 2004	1,3	144	80% TJLP / 20% Cesta de Moedas	70	4,5	SAC	Resultados
	2005			80% TJLP / 20% IPCA	80			
	2006		168			2,5		
	2007	1,2	240	100% TJLP	85	2,2		
	2008	1,2	240		80	2,0		

capital do investidor é bastante sensível às condições do financiamento. As melhorias das condições da participação do BNDES implementadas desde 2003 aos projetos de geração de energia hídrica acarretam uma redução tarifária de, pelo menos, 20%, representando uma contribuição importante do BNDES para a modicidade tarifária. Essa externalidade é positiva tanto para sociedade brasileira como para a competitividade de diversos segmentos da indústria nacional. A Tabela 5 apresenta a contribuição das alterações das políticas operacionais do BNDES para a modicidade tarifária.

Este artigo buscou traçar um panorama do setor elétrico brasileiro nos últimos anos, com ênfase nos avanços obtidos com o novo marco regulatório para facilitar a estruturação de projetos via *project finance*, e destacou a importante contribuição do BNDES para a expansão do setor, especialmente por meio de financiamentos nessa modalidade.

Com um “apagão” na história recente, grande potencial hidrelétrico a ser explorado e dimensões continentais a serem abastecidas, urge a necessidade de investimentos vultosos no setor elétrico brasileiro. O novo marco regulatório de 2004 procurou atrair tanto o capital privado quanto o público para atender à demanda desse bem que é base universal do desenvolvimento econômico nos dias de hoje.

Conclusão

O novo marco regulatório reforçou as condições favoráveis que já existiam no setor elétrico para a adoção do *project finance* como modelo de estruturação financeira. O setor, caracterizado por grandes inversões de capital e elevadas margens operacionais, foi favorecido pelo incremento na previsibilidade de seu fluxo de caixa trazido pelos contratos de longo prazo e beneficiado pelo ambiente regulatório estável e pela estabilidade econômica e institucional do país. Tais fatores contribuíram para o desenvolvimento de um modelo institucional, jurídico, financeiro e de pulverização de risco de crédito bem-sucedido, por meio do qual os investidores têm obtido êxito em equacionar as fontes de recursos para a implantação dos projetos. Nesse aspecto, o BNDES tem desempenhado um papel decisivo, como principal provedor das fontes de recursos de longo prazo.

A atuação do BNDES no setor elétrico tem buscado propiciar os meios financeiros para a expansão da oferta de forma adequada, promovendo a modicidade tarifária e atraindo novos investidores, de modo que garanta as condições necessárias para o crescimento econômico sustentado do país. Desse modo, desde 2003, o BNDES vem aperfeiçoando as condições operacionais de apoio financeiro aos projetos de investimento em energia, diminuindo o custo financeiro dos empréstimos por meio da queda nas taxas, elevando os prazos, reduzindo o índice de cobertura do serviço da dívida requisitado e aumentando a participação máxima do BNDES sobre os itens financiáveis de cada projeto.

De 2003 a junho de 2008, o BNDES apoiou 210 projetos do setor elétrico em atuação direta ou em conjunto com instituições financeiras repassadoras, alcançando um montante financiado de R\$ 32,2 bilhões em um universo de R\$ 54,5 bilhões de investimento total entre as atividades de geração (hidrelétricas, termelétricas, PCHs, biomassa, eólicas), transmissão, distribuição e racionalização de energia. O apoio do BNDES a projetos estruturados via *project finance* iniciou-se pelo segmento de transmissão e já se difundiu nas atividades de geração; no mesmo período, todos os projetos de transmissão e a maioria dos de geração hidrelétrica foram estruturados nesta modalidade.

Como foi apresentado nesse artigo, o *project finance* trouxe o equacionamento das fontes de recursos para o desenvolvimento do setor elétrico. Essa poderosa forma de estruturação financeira pode ser também a solução para o desenvolvimento de outros setores da infraestrutura brasileira, tais como portos, aeroportos, rodovias, ferrovias etc. No entanto, é importante lembrar que as condições do ambiente regulatório são extremamente importantes para a estruturação de projetos nessa modalidade. Assim, torna-se mister a implantação de marcos regulatórios nesses segmentos, da mesma forma como foi realizado no setor elétrico.

Por meio da intensificação do uso da estruturação de projetos via *project finance*, poderão ser viabilizadas as necessidades de capital e garantias dos agentes privados que são imprescindíveis para os vultosos investimentos requeridos pelos setores de infraestrutura. Nesse aspecto, o *project finance* poderá ser utilizado para alavancar o desenvolvimento da infraestrutura do país, contribuindo para superar os obstáculos para o desenvolvimento do Brasil.

Referências

- BONOMI, C. A. & MALVESSI, O. *Project finance no Brasil – Fundamentos e estudos de casos*. Rio de Janeiro: Atlas, 2004.
- BORGES, L. X. F. *Aplicabilidade das técnicas de project finance para financiamento da infra-estrutura no Brasil: caso da implantação da telefonia celular banda B de 1997 a 2001*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, 2005 (Tese de Doutorado).
- _____. “Project finance em infra-estrutura: descrição e críticas”. *Revista do BNDES*, Rio de Janeiro, v. 5, n.9, p. 105-121, 1998.
- BORGES, L. X. F & NEVES, C. “Parceria público-privada: riscos e mitigação de riscos em operações de infra-estrutura”. *Revista do BNDES*, Rio de Janeiro, v. 12, n. 23, p. 73-118, jun. 2005.
- BORGES, L. X. F & PASIN, J. A. B. “A nova definição de parceria público-privada”. *Revista do BNDES*, Rio de Janeiro, v. 10, n. 20, p. 173-196, dez. 2003.
- CHAGAS, E. B. *Project finance no setor elétrico brasileiro: um estudo de caso da Usina Hidrelétrica de Barra Grande*. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Administração, 2006 (Dissertação de Mestrado).
- _____. *Project finance – estudos de casos*. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Administração, 2002 (Dissertação de Mestrado).
- FINNERTY, J. D. *Project financing: asset-based financial engineering*. Nova York: John Wiley & Sons, Inc. 1996.
- HARRIS, S. et al. *The economic motivations for using project finance*. Harvard Business School, 2003.
- NEVITT, P. & FABOZZI, F. *Project financing*. 7. ed. Londres: Euromoney Books, 2000.
- TINSLEY, R. *Advanced project financing*. Londres: Euromoney Books, 2000.

Sites Consultados

<http://www.aneel.gov.br>

<http://www.ons.com.br>

<http://www.ccee.org.br>

MITIGAÇÃO DE RISCOS E AMPLIAÇÃO DE RETORNOS: APLICAÇÃO DOS CONCEITOS DE FRONTEIRA EFICIENTE DE MARKOWITZ E DE CARTEIRA ALAVANCADA AO SETOR SUCROALCOOLEIRO¹

Ricardo Cunha da Costa*

SUCROALCOOLEIRO

* Gerente do Departamento de Gás, Petróleo, Cogeração e outras Fontes de Energia da Área de Infraestrutura do BNDES.

¹ Artigo preparado a partir do trabalho de conclusão de curso apresentado em julho de 2008 ao MBA em Finanças do Ibmec. Os dados para elaboração de gráficos e tabelas foram atualizados pelo estagiário Ramon Soares Corrêa.

Resumo

O presente trabalho aplica ao setor sucroalcooleiro os conceitos da moderna teoria de investimentos, relativos à fronteira eficiente de Markowitz e à carteira alavancada, dado que o setor pode diversificar a sua produção produzindo produtos e serviços para mercados diversos (alimentos, combustíveis e energia elétrica).

Em um primeiro momento, procurou-se definir a combinação ótima entre produção de açúcar e álcool, com base em suas rentabilidades e os riscos associados aos negócios. No passado, os preços de açúcar e álcool estavam fortemente correlacionados. Porém, nos últimos meses, houve descolamento dos preços. Um exercício foi feito com o preço da gasolina nos Estados Unidos, de forma que se observasse se há possibilidade de mitigação de riscos caso o preço do álcool passe a ser ditado pelo preço internacional da gasolina.

Em um segundo momento, utilizou-se o conceito de carteira alavancada, por meio do qual o investidor obtém recursos em renda fixa e aplica esses recursos em uma carteira mais arriscada. No caso do setor sucroalcooleiro, o usineiro, em vez de investir sozinho em cogeração, se associaria a um parceiro interessado em receber uma renda fixa (receita da venda de energia elétrica à rede por meio de contrato de longo prazo). Dessa forma, o usineiro teria mais recursos para investir em negócios mais arriscados (e mais rentáveis) como a parte agrícola ou industrial para produção de açúcar e álcool.

A produção de cana-de-açúcar é uma atividade centenária no Brasil e ganhou ímpeto com o Programa Nacional do Alcool (Proálcool) desde 1975, quando o álcool se tornou uma opção para enfrentar os choques de petróleo. São mais de 350 usinas instaladas no país, que, em sua grande maioria, apresentam estruturas familiares bastante complexas. Poucas empresas, até o momento, abriram capital.

As perspectivas para o longo prazo são muito favoráveis para o setor, pois no mercado doméstico o sucesso de vendas dos veículos *flex fuel* impactaram positivamente as vendas de álcool hidratado, e os aperfeiçoamentos regulatórios na sistemática de contratação de energia elétrica têm contribuído para a viabilização de cogeração a bagaço de cana. Na esfera internacional, a redução de incentivos auferidos aos produtores de açúcar europeus em 2007 contribuiu para melhorar a competitividade brasileira. Além disso, há vários países interessados em promover os biocombustíveis, mas há questionamentos por parte de consumidores potenciais quanto à sustentabilidade da produção. O Brasil está muito bem posicionado para participar desse mercado, se barreiras à entrada nos grandes mercados potenciais forem removidas.

No Brasil, o setor trabalha de forma flexível, podendo produzir açúcar ou álcool, e o *mix* de produção é estabelecido pela rentabilidade de cada produto. O usineiro começa os investimentos com a implantação do canavial, depois monta a destilaria de álcool e, por fim, instala a unidade de produção de açúcar. A usina padrão, hoje, está capacitada para produzir entre 30 e 70% de cada um dos produtos (açúcar ou álcool). No início do Proálcool, foram estruturadas microdestilarias para produção exclusiva de álcool, mas esse modelo não se mostrou competitivo.

As usinas instaladas em regiões mais ocupadas (por exemplo, no estado de São Paulo, onde está concentrada a produção brasileira) têm capacidade de processar entre 1,5 milhão e 2 milhões de toneladas de cana por safra. A safra tem duração de 6 a 7 meses e ocorre entre os meses de abril a novembro na região Centro-Sul. A fronteira de expansão tem se deslocado para o Triângulo Mineiro e região Centro-Oeste, podendo chegar ao Maranhão e Piauí no médio/longo prazo.

Em regiões pouco ocupadas, as usinas têm apresentado capacidade de esmagamento de 3 a 4 milhões de toneladas. O custo da terra e a distância das áreas de colheita são menores do que em São Paulo, mas as novas usinas incorrem em maiores custos de transporte para levar seus produtos finais aos centros consumidores.

Por muitos anos, o setor privilegiou a produção de açúcar, em detrimento de álcool ou cogeração, por ser uma *commodity* negociada no mercado internacional, com opções diversificadas de comercialização e financiamento. Porém, com a corrida pelos biocombustíveis, há investidores entrantes interessados em produzir energia, ou seja, produzir álcool e cogerar energia de forma eficiente, mas eles não têm interesse em participar do negócio agrícola nem tampouco produzir açúcar. A pergunta que se faz é se esse modelo eficiente do ponto de vista técnico, com baixa flexibilidade de produção, também é eficiente do ponto de vista econômico-financeiro.

Alguns trabalhos que utilizam modelos de valoração da opção real¹ para avaliar o emprego de uma estrutura produtiva flexível, de forma que o setor possa arbitrar entre a produção de açúcar e de álcool, já foram desenvolvidos. Segundo Gonçalves (2007), com base em seu modelo quadrinomial, a opção de conversão de um projeto de produção de álcool em um projeto flexível agrega valor ao negócio.

Ademais, há alguns detalhes técnicos importantes que contribuem para a alternativa flexível. Uma parte do melaço descartado no processo de produção do açúcar é utilizada na produção de álcool. Veremos, também, mais adiante, que a quantidade de sacarose da cana aumenta ao longo da safra até chegar a um pico. A cana do início e do final da safra é, geralmente, empregada para produzir álcool. Portanto, há complementaridade entre produção de açúcar e álcool.

Embora haja muitas justificativas em defesa de uma ou outra estrutura de produção, não se faz aqui nenhuma avaliação de qual modelo se adequa melhor ao setor. A proposta é analisar se a produção de um maior número de produtos pelo setor contribui para a redução de seu risco. Além disso, combina-se a rentabilidade da cogeração, que é uma possibilidade de renda fixa para o setor, com a de ativos mais arriscados como a produção de açúcar e álcool. A pergunta que se faz neste trabalho é qual deve ser o *mix* de produção do setor, principalmente em um contexto de crédito escasso e volatilidade de preços das *commodities*?

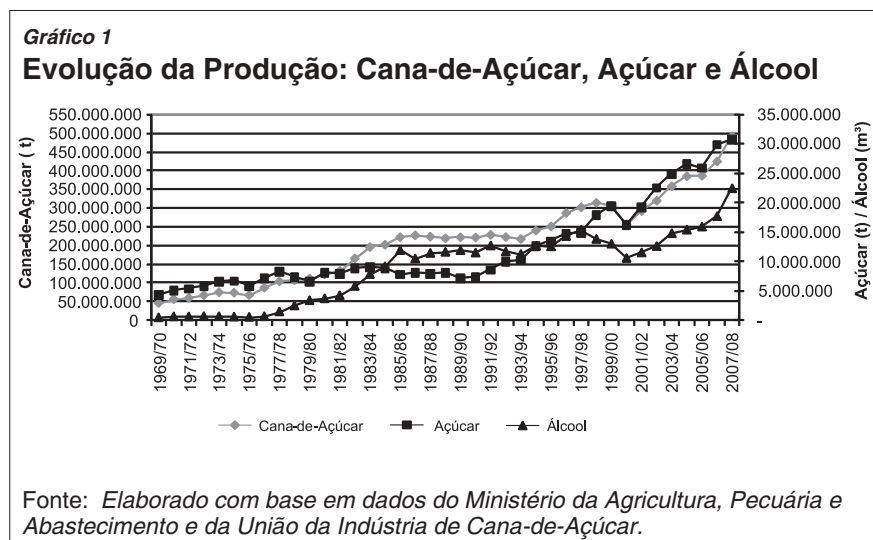
O presente trabalho está estruturado em seis seções. A primeira apresenta um panorama geral do setor, desde o lançamento do Proálcool até os aspectos relativos às perspectivas futuras para o setor. A segunda seção descreve o modelo de diversificação de risco. A terceira trata dos custos do setor sucroalcooleiro,

¹ A metodologia de opção real é aplicada em análise econômica de projetos e decisões de investimentos, em contexto de incertezas. Por esse método, calcula-se um valor, em função da flexibilidade dos projetos, a ser adicionado ao fluxo de caixa.

apresentando a metodologia de remuneração da cana-de-açúcar. A quarta é uma aplicação do modelo de diversificação de riscos (carteira de Markowitz) ao setor sucroalcooleiro, as rentabilidades estimadas em função das margens obtidas em cada produto final (açúcar e álcool). A quinta apresenta opções de investimentos em cogeração na forma de *project finance* ou financiamento corporativo, bem como avalia as possibilidades de emprego de caldeiras de 65 bar ou de 90 bar. Por fim, a sexta seção sugere a cogeração como uma forma de os empreendedores tradicionais (usineiros) mitigarem risco do seu *portfolio* de produtos.

A evolução da produção de cana, de açúcar e de álcool no Brasil é mostrada no Gráfico 1. A produção de álcool teve crescimento notável entre 1976 e 1984. Após esse período, houve uma estagnação que durou dez anos, seguida de uma retração no período entre 1997 e 2000. Recentemente, no entanto, verifica-se que houve uma retomada na produção brasileira. Em 2008, segundo a União da Indústria de Cana-de-Açúcar (Unica), as usinas processaram 493 milhões de toneladas e a produção de açúcar e de álcool atingiu 30 milhões de toneladas e 22 bilhões de litros, respectivamente.

Histórico do Proálcool e Perspectivas Futuras para o Setor



Além da produção de açúcar e álcool, o setor pode gerar eletricidade para consumo próprio e exportação de excedente para a rede elétrica, utilizando o bagaço para gerar vapor em caldeiras. Ao longo do tempo, o bagaço passou a ser valorizado pelo setor sucroalcooleiro como insumo energético. No entanto, a energia elétrica não faz parte do *core business* dessa indústria, sendo, portanto, gerada com eficiências baixas e com objetivo principal de consumo próprio no processo produtivo.

Ainda que tenha crescido nos últimos anos o volume de investimentos no setor, com fins de aumento de eficiência energética – por exemplo, a substituição de caldeiras antigas com objetivo quase que exclusivo de geração de calor por plantas de cogeração² –, as caldeiras de baixa pressão ainda são predominantes, revelando uma margem importante para o aumento da eficiência energética média no setor.

Primeira Fase do Proálcool

O Proálcool foi lançado em 1975 com o objetivo duplo de reduzir o impacto sobre o balanço de pagamentos causados pela elevação dos preços do petróleo e, ao mesmo tempo, mitigar as inquietações do setor sucroalcooleiro em face da queda do preço do açúcar no mercado internacional.

No Brasil, o etanol é usado como aditivo à gasolina na forma de álcool anidro, de forma que aumente o poder antidetonante em motores de ciclo Otto. A proporção na mistura varia entre 20 e 25% de álcool na gasolina A (gasolina pura), em termos de volume, a mistura sendo conhecida como gasool ou gasolina C. O etanol também é utilizado diretamente nos carros a álcool e nos *flex fuel* na forma de álcool hidratado. Nesse caso, o combustível é usado diretamente no tanque do automóvel e é vendido aos consumidores nos postos.³

Em seu início, o Proálcool foi fortemente calcado em políticas públicas que tinham como objetivo fomentar a produção e o uso de etanol no Brasil. O investimento público chegou a 90% do necessário para se construir uma nova destilaria e 100% do necessário para aumentar a área cultivada de cana-de-açúcar. Entre as condições, extremamente favoráveis para o produtor, podem-se destacar: taxas de juros negativas; três anos de carência para o pagamento dos empréstimos; e 12 anos para amortização dos empréstimos.

Além disso, o governo estabeleceu preços mínimos para o etanol, mais atrativos em relação ao preço do açúcar. Essa política representou um alto subsídio para a produção de cana-de-açúcar e de álcool. Do lado do consumidor, a redução da tributação permitiu que o preço do álcool nas bombas, em termos de unidades energéticas por quilômetro rodado, ficasse sempre menor que o da gasolina. Naquela ocasião, o preço dos combustíveis no Brasil era

² A cogeração consiste na produção simultânea de energia térmica (no caso, calor de processo) e energia elétrica.

³ O gasool com 22,4% de etanol era meta da primeira fase do Proálcool. A segunda consistia na produção de novos veículos que utilizavam o álcool hidratado (álcool puro) como combustível.

regulado pelo governo, que tinha a Petrobras como principal agente do setor, pelo lado da demanda. Apenas em maio de 1997, os preços do álcool anidro deixaram de ser controlados e, em fevereiro de 1999, o mesmo aconteceu com os preços do álcool hidratado [Goldemberg et al. (2004)].

Deve-se ressaltar que, no começo do programa, o custo de produção do álcool era de aproximadamente US\$ 100/barril de etanol. O progresso técnico e as economias de escala reduziram esse custo para US\$ 50/barril nos anos 1990 [Moreira e Goldemberg (1999)]. Mas, em 1999, o custo de produção do álcool ainda era superior ao da gasolina derivada do petróleo, que era importado a um preço um pouco abaixo de US\$ 20/barril, menos da metade da cotação do óleo bruto no mercado internacional em 1980, quando a segunda fase do Proálcool foi lançada.

Mesmo as destilarias paulistas, as mais eficientes, necessitavam que o preço do petróleo estivesse acima de US\$ 30/barril para que o etanol fosse competitivo frente à gasolina [Macedo e Nogueira (2004)].

Assim, quando o preço do petróleo no mercado internacional atingiu novamente esse patamar no ano de 2000, a competitividade do álcool em face da gasolina foi restabelecida. O governo aproveitou a situação para aumentar o conteúdo de etanol na gasolina para 25%, permitindo uma redução do excedente no estoque do álcool.

O início da comercialização, em 2003, de veículos bi-combustível, também conhecidos como *flex fuel*, proporcionou um novo impulso para o setor sucroalcooleiro. Esses veículos podem usar indiscriminadamente álcool ou gasolina C, sem a necessidade de nenhuma adaptação ou ajuste.

O desenvolvimento dessa tecnologia se deu graças ao investimento em pesquisa e desenvolvimento (P&D) pelos fabricantes de sistemas de injeção direta na produção de sistemas eletrônicos que ajustam automaticamente a combustão em função do tipo de combustível.

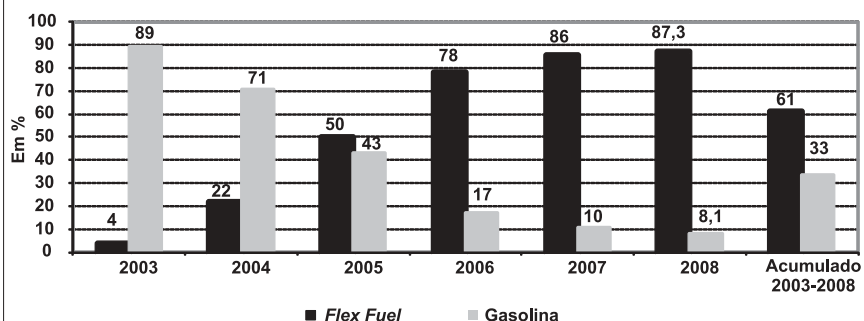
Em 2004, a venda de veículos *flex fuel* aumentou em mais de cinco vezes, atingindo 328 mil unidades, o que representou 22% da venda de veículos leves no Brasil. No ano seguinte, as vendas de *flex fuel* ultrapassaram as dos carros a gasolina, chegando a representar 50% das vendas de veículos leves. Em

A Retomada do Álcool

2008, as vendas representaram mais de 87% das vendas de veículos leves no Brasil.

Gráfico 2

Participação dos Veículos *Flex Fuel* e Gasolina no Mercado Brasileiro de Veículos Leves: Vendas no Atacado



Fonte: Anfavea.

Dessa forma, o mercado de álcool, que deixara de ser regulado pelo governo desde 1999, ficara ainda mais suscetível às forças do mercado. A partir desse momento, o consumidor, proprietário de veículo *flex fuel*, se via obrigado a ponderar o preço relativo na bomba entre o álcool hidratado e a gasolina C, podendo arbitrar o tipo de combustível a ser utilizado em seu carro.

Fatores como safra de cana-de-açúcar, nível de estoques de etanol, preço do açúcar no mercado internacional, preço do petróleo e da gasolina, estão entre aqueles que influenciam o mercado de etanol. No entanto, os estados da federação ainda podem influenciar os preços por meio da alteração nas alíquotas de ICMS e do percentual de álcool anidro a ser misturado à gasolina A.

Na esfera internacional, a volatilidade dos preços do petróleo, os problemas ambientais ligados ao consumo de energia fóssil e os compromissos adotados no âmbito do Protocolo de Quioto têm dado ao setor um novo impulso e uma nova dinâmica. A substituição parcial da gasolina por álcool etílico proveniente da cana-de-açúcar é uma forma relativamente rápida e fácil de reduzir emissões de gases de efeito estufa (GEE)⁴ provenientes do setor

⁴ Essas metas (cerca de 5,2% de redução de emissões de GEE em relação aos níveis de 1990) terão de ser cumpridas no período 2008–2012 pelos países do Anexo I que ratificaram o Protocolo de Quioto. Metade dessas emissões terá de ser realizada dentro de seus territórios ou negociada entre países do Anexo I. A substituição de combustíveis fósseis por biocombustíveis é uma ótima alternativa para a parcela de redução de emissão de gases de efeito estufa que tem de ser realizada dentro dos territórios destes países. A outra parte da redução poderá ser considerada realizada por meio de aquisição de CERs equivalentes, estimulando o mercado de certificados de redução de emissões de gases de efeito estufa em países não participantes do Anexo I.

de transportes e, desse modo, ajudar os países integrantes do Anexo I do Protocolo de Quioto a atingirem suas metas de redução de emissões de GEE.

Ademais, o etanol vem sendo procurado também como aditivo à gasolina, seja direta ou indiretamente, por meio de sua transformação em ETBE (éter etil-terc-butilico). Esses são os principais fatores que influenciam o aumento da demanda mundial de etanol combustível.

As perspectivas de aumento potencial das demandas interna e externa de etanol, bem como os potenciais ganhos de produtividade, oferecem ao mercado de álcool oportunidades que não devem ser negligenciadas, porém sensíveis a variáveis ligadas ao mercado internacional de petróleo e de açúcar.

O Brasil foi o principal produtor mundial de álcool até 2005. Em 2006, os Estados Unidos se tornaram os maiores produtores e, em 2007, a produção americana foi de 24 bilhões de litros contra os 22 bilhões de litros nacionais. O desempenho americano foi fortemente influenciado pela concessão de subsídios governamentais.

Competitividade Brasileira para Produção de Álcool

O etanol americano, entretanto, é produzido principalmente do milho, com produtividade menor, custos mais elevados e com maior consumo de energia fóssil no processo de produção. A produção média anual de etanol nos Estados Unidos alcança 3,2 mil litros por hectare, enquanto a produtividade brasileira ultrapassa o dobro do montante, atingindo 6,8 mil litros por hectare [Finagro (2006)].

A elevada produtividade brasileira reflete-se no custo da produção, que varia entre US\$ 0,20 e 0,28/litro contra o intervalo de US\$ 0,30 a 0,35/litro nos Estados Unidos, país que ainda subsidia fortemente a produção de um etanol produzido do milho e menos favorável à redução da emissão de gases de efeito estufa se comparado ao produto brasileiro.⁵

Por isso, a exportação de álcool é também uma grande oportunidade para o Brasil. O mercado internacional, entretanto, ainda é embrionário, e grande parte do volume exportado destina-se ao setor industrial. Fortes modificações podem ocorrer caso os biocombustíveis sejam adotados para substituir uma parcela dos combustíveis fósseis.

⁵ Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (2006), o custo de produção na União Europeia varia entre US\$ 0,45 e US\$ 0,55/litro.

Embora os Estados Unidos, os maiores consumidores mundiais de energia, não tenham ratificado o Protocolo de Quioto e, portanto, não possuam metas nacionais de redução de emissão de GEE, alguns estados norte-americanos vêm adotando metas voluntariamente. Além disso, em razão de questões locais relativas ao meio ambiente, vários estados estão também banindo o MTBE (éter metil-terc-butílico), usado como oxigenante da gasolina em substituição ao chumbo. O MTBE foi banido primeiramente na Califórnia, onde se detectou contaminação de leitos subterrâneos de água a partir de tanques de estocagem do aditivo.⁶ O ETBE e o etanol surgem, portanto, como potenciais substitutos ao MTBE.

Há um forte *lobby* dos produtores norte-americanos para impedir a importação do etanol, hoje taxado em US\$ 0,54/galão. Países do Caribe têm uma cota de 7% da demanda de etanol dos Estados Unidos isenta da taxa. Valendo-se disso, empresas brasileiras exportam álcool hidratado para países do Caribe, onde têm destilarias para desidratar o combustível, transformando-o em álcool anidro, e, em seguida, exportam-no para os Estados Unidos.

No âmbito da União Europeia (UE), o emprego de ETBE ainda ocorre em maior escala, e grande parte da produção local de etanol é utilizada em refinarias na produção de ETBE. A produção está sendo ampliada com o objetivo de atender a meta da UE de adição de 10% de biocombustíveis nos transportes até 2020.

Apesar desse potencial mercado consumidor, é importante ressaltar que há um forte *lobby* dos agricultores europeus para impedir a importação de etanol de outros países. Algumas organizações não-governamentais europeias de cunho ecológico também têm feito *lobby* contra o uso de biocombustíveis, com base em estudos que indicam a possibilidade de impactos socioambientais provocados pela elevação da escala de produção de monoculturas energéticas, como aumento do desmatamento, do emprego em condições desumanas, do consumo excessivo de água etc.

O Japão é outro potencial consumidor de etanol brasileiro. Já é permitido misturar até 3% de etanol na gasolina japonesa e há uma perspectiva de que sejam misturados até 10% do combustível à gasolina, ou seja, uma demanda potencial de 6 milhões de litros de biocombustível por ano.

Por enquanto, empresas japonesas têm negociado com a Petrobras e a Vale do Rio Doce com o intuito de montar uma estru-

⁶ O MTBE já foi banido em vários estados norte-americanos, mas ainda não foi banido completamente dos Estados Unidos porque sua produção de etanol, apesar de vir crescendo de forma vertiginosa, ainda não é capaz de atender à demanda necessária para substituir todo o MTBE utilizado, e os custos de logística são elevados.

tura de produção e de logística para a exportação do álcool. De fato, o Plano de Negócios da Petrobras 2009–2013 prevê investimentos de US\$ 2,8 bilhões no segmento de biocombustíveis.

Uma estimativa feita com base nas projeções de consumo de gasolina nos Estados Unidos, no Japão e na UE com misturas de 5% de etanol (E5) e de 10% (E10) mostra que esses mercados poderiam consumir de 45 a 89 bilhões de litros de etanol em 2030.

Além desses mercados, países asiáticos estão procurando viabilizar a adição de álcool à gasolina. Em alguns estados na China e Índia, já são realizadas misturas de 5% de etanol à gasolina e, na Tailândia, esse percentual pode chegar a 10%.

Há, portanto, um grande potencial para aumento das exportações brasileiras de álcool, uma vez que o país produz álcool e açúcar a preços bastante competitivos, além do fato de haver terras disponíveis no país.⁷ Para que se tenha uma ideia, países eficientes na produção de álcool, como Austrália e Tailândia, não possuem terras disponíveis para expandir a produção de cana.

Conforme já destacado, desde o lançamento do Proálcool, em 1975, houve significativa elevação da produtividade agrícola, bem como do progresso técnico ligado ao setor. Na década de 1980, apenas duas variedades de cana eram responsáveis por quase 60% de toda a área plantada com cana no país. Atualmente, há maior diversificação de variedades, nenhuma respondendo por mais de 15% da área. As vinte principais respondem por 80% da área plantada [CTC (2006)].

A produtividade média evoluiu de cerca de 50 t/ha, na safra 1977/1978, para 77 t/ha, na safra 2007/2008, o que representa uma taxa anual de 2,0%. É importante registrar, todavia, que o desenvolvimento de variedades está direcionado para a Região Centro-Sul, a qual responde por 85% da área plantada, com foco especial para o estado de São Paulo, que contribuiu com 60% da produção nacional, apresentando produtividade de 81,5 t/ha, 46% superior à média nordestina e 11,6% superior à nacional.

Perspectivas Tecnológicas para o Setor

⁷ O Brasil utiliza cerca de 60 milhões de hectares (ha) em atividades agropecuárias, mas, segundo a Embrapa, o país ainda dispõe de cerca de 90 milhões de hectares de terras próprias para cultivo, de baixo impacto ambiental. Ademais, há a possibilidade de uso de parte de áreas utilizadas para pecuária (220 milhões de ha) para o plantio da cana-de-açúcar, seja pela conversão direta, como já vem ocorrendo, em razão da queda no preço da carne e das perspectivas mais atraentes do mercado de etanol, seja pela mudança da agropecuária extensiva para a intensiva.

A reengenharia genética e a transgenia, contudo, podem reduzir o ciclo de vida atual da cana-de-açúcar de 12 para até oito anos. O país já possui variedades que apresentam boa produtividade, em escala laboratorial, até 40% superior às existentes, mas o plantio de transgênicos não é permitido no Brasil em escala comercial.

Na área industrial, a tecnologia tradicional apresenta níveis de eficiência elevados em diversas etapas do processo de produção. É bem verdade que há ainda alguma margem de melhoria de eficiência, por exemplo, na automação dos acionamentos das máquinas, na utilização de dornas fechadas e de desfibradores, ou no emprego de caldeiras de alta pressão para geração de energia elétrica. Esses ganhos podem ser classificados como de primeira geração, pois essas tecnologias já se encontram disponíveis para comercialização.

Na Tabela 1, são apresentados indicadores de evolução tecnológica do setor sucroalcooleiro. De 1975 a 2005, a capacidade de moagem das empresas de médio e grande portes, medida em tonelada por dia, elevou-se em 136%. O tempo de fermentação reduziu-se em 83%, enquanto a eficiência de fermentação aumentou em 12,3% e a das caldeiras, em 31%, no mesmo intervalo. Com relação à sobra de bagaço, importante insumo energético, houve aumento de seu aproveitamento em 875%, no período.

Tabela 1

Indicadores Tecnológicos no Setor Fabril da Agroindústria Sucroalcooleira

ETAPAS DO PROCESSO	1975	2005
Capacidade de Moagem – t/Cana/Dia	5.500	13.000
Extração (%)	93	97
Tempo de Fermentação em Bateladas (Horas x Dornas)	24	4 - 6
Eficiência de Fermentação (%)	80	91
Teor Alcoólico do Vinho para Destilação (GL)	7,5	10
Eficiência da Destilação (%)	98	99,5
Recuperação Geral na Rodução de Álcool (Litro/t/Cana)	66	86
Consumo de Vapor na Destilação (kg/l)	3,4	2,0
Eficiência das Caldeiras (%)	66	87
Sobra de Bagaço (%)	Até 8	Até 78

Fonte: *Dedini S.A. Indústrias de Base (2005).*

Além do desenvolvimento tecnológico incremental, há tecnologias em desenvolvimento que visam a saltos tecnológicos importantes. A gaseificação da biomassa para produção de eletricidade.

dade é uma tecnologia que vem sendo estudada no Brasil há algum tempo. Consiste na utilização de uma turbina a gás fazendo uso do biogás produzido com base em resíduos da biomassa. A gaseificação poderia duplicar ou triplicar a geração elétrica por tonelada de cana produzida. Porém, os custos de instalação ainda são elevados e não competitivos com os padrões tecnológicos atuais de cogeração a bagaço de cana.

As tecnologias em estágio mais avançado são denominadas de segunda geração. Pesquisas têm se concentrado no processo de hidrólise de resíduos celulósicos para produção de etanol e no processo de gaseificação dos resíduos da biomassa para produção de eletricidade ou gás de síntese (processo Fischer-Tropsch⁸). Essas tecnologias devem estar disponíveis em um prazo de cinco anos a dez anos.

O processo de gaseificação da biomassa para geração de gás de síntese (H_2+CO), convertido em seguida em metanol ou em hidrocarbonetos pelo processo de síntese Fischer-Tropsch, é uma tecnologia que compete com a geração elétrica a partir da gaseificação. Ou seja, em vez de produzir gás para a geração elétrica, produz-se gás de síntese para ser transformado em combustível.

O processo de hidrólise (ácida ou enzimática) permite que seja produzido álcool com base em resíduos de biomassa.⁹ Isso quer dizer que o álcool pode ser produzido não somente do caldo (processo atual, o caldo representa cerca de um terço da cana processada), mas também do bagaço e da palha (outros dois terços da cana). Com isso, seria possível quase dobrar a produtividade atual em litros de álcool por hectare.

A utilização de biomassa lignocelulósica para produção de etanol apresenta múltiplas vantagens do ponto de vista ambiental e socioeconômico. Em primeiro lugar, o balanço de emissões de CO_2 , com a valorização de coprodutos e o aproveitamento de rejeitos, é mais favorável que o processo atual. Segundo, não há competição com áreas agrícolas para uso alimentar. É um processo mais aceitável no contexto mundial para uma ampliação do uso do etanol como carburante.

⁸ Nome de dois químicos alemães Hans Fischer e Franz Tropsch que descobriram e estudaram essa reação durante os anos 1920. O processo pode utilizar carvão (coal to liquid – CTL), gás natural (gas to liquid – GTL) ou biomassa (biomas to liquid – BTL) para produzir combustíveis do tipo diesel, GLP ou gasolina.

⁹ Atualmente, é possível extrair 6,4 mil litros de álcool para cada 80 t de cana limpa produzidas por hectare. Com o processo de hidrólise, o bagaço resultante da moagem – hoje usado para abastecer as caldeiras e gerar energia elétrica – poderia garantir uma produção adicional de 5,6 mil litros de álcool por hectare [Desafios do Desenvolvimento (2007)].

Todavia, o processo precisa de progressos tecnológicos importantes, pois algumas etapas são complexas e as melhorias estão relacionadas com o desenvolvimento de aspectos cognitivos, principalmente sobre a enzimologia da celulose e sobre a fisiologia das leveduras, o que pode ser alcançado com o avanço da biotecnologia [Douaud (2006)].

Vários países estão investindo fortemente em hidrólise, pois entendem que poderiam utilizar diversos resíduos agrícolas que são descartados na produção de alimentos. Dessa forma, o que hoje está sendo jogado no lixo poderia constituir um subproduto capaz de gerar receitas adicionais para os produtores rurais.

No Brasil, alguns estudos neste campo já foram iniciados. Os principais atores que investiram ou estão investindo na rota ácida com pré-tratamento são as empresas Dedini e Oxiten. O Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) participou do desenvolvimento da planta piloto da Dedini, mas agora está apostando na rota enzimática. Investem também na rota enzimática a Petrobras e a Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

A rota ácida parece estar mais avançada, mas há muitos atores optando pela rota enzimática no longo prazo. A grande dificuldade estaria em produzir enzimas que produzam álcool em grande quantidade de forma estável.

A cana-de-açúcar apresenta grande potencial de produção de álcool celulósico, uma vez que há grande volume de biomassa produzido por hectare em relação às demais culturas. As espécies empregadas atualmente produzem 74,3 t de biomassa de cana por hectare ao passo que o arroz, o milho e a soja produzem apenas 3,6 t/ha, 3,4 t/ha e 2,3 t/ha, respectivamente.

Tabela 2
Área Cultivada, Produção e Produtividade de Culturas

CULTURA	ÁREA CULTIVADA (10 ⁶ ha)	PRODUÇÃO (10 ⁶ t)	PRODUTIVIDADE (t/ha)
Soja	21,5	49,5	2,3
Milho	12,3	41,8	3,4
Cana-de-Açúcar	5,6	416,3	74,3
Feijão	4,0	3,0	0,8
Arroz	3,7	13,3	3,6
Trigo	2,8	5,7	2,0
Café	2,4	2,5	1,0
Outros	5,7	-	-
Total	58,0	-	-

Fonte: IBGE (2004).

Modelo de Diversificação de Risco

A ideia aqui é apresentar o modelo estatístico segundo o qual se ilustram os efeitos da diversificação de uma carteira de ativos sobre o risco. Em outras palavras, examina-se o aumento do número de ações sobre o nível de risco de uma carteira, o nível de risco avaliado pela variância dos ativos da carteira. A variância da carteira é determinada, em parte, com base nas variâncias de cada ativo da carteira e, em parte, com base na forma pela qual as rentabilidades dos pares de ativos evoluem. A correlação ou a covariância entre ativos da carteira fornecem uma boa ideia de quanto e por qual razão a diversificação reduz o risco.

O exemplo clássico para ilustrar esse fundamento baseia-se em uma carteira de apenas dois ativos A e B. O ativo A tem um retorno esperado μ_A e uma variância de retornos σ_A^2 , e o ativo B tem um retorno esperado μ_B e uma variância de retornos σ_B^2 . A correlação em retornos entre os dois ativos é ρ_{AB} . Os retornos esperados e a variância de uma carteira de dois ativos podem ser escritos da seguinte forma:

$$\mu_{\text{carteira}} = \varpi_A \mu_A + (1 - \varpi_A) \mu_B$$

$$\sigma_{\text{carteira}}^2 = \varpi_A^2 \sigma_A^2 + (1 - \varpi_A)^2 \sigma_B^2 + 2\varpi_A(1 - \varpi_A) \rho_{AB} \sigma_A \sigma_B$$

em que

ϖ_A = proporção do ativo A na carteira.

A fórmula da variância pode ser simplificada quando escrita em termos de covariância (σ_{AB}) tal como:

$$\sigma_{\text{carteira}}^2 = \varpi_A^2 \sigma_A^2 + (1 - \varpi_A)^2 \sigma_B^2 + 2\varpi_A(1 - \varpi_A) \sigma_{AB}$$

Por essa fórmula, quanto mais baixa a covariância (a forma como a rentabilidade dos ativos se move), menor o risco da carteira, mantendo-se os demais parâmetros constantes. Se os retornos se movem na mesma direção, estão positivamente correlacionados, e a inclusão do ativo à carteira não reduz significativamente o risco da carteira. O Gráfico 3 apresenta uma carteira composta de dois ativos com rentabilidades perfeitamente correlacionadas ($\rho_{AB} = 1$).

Se os retornos dos ativos A e B se movem em direção inversa, a combinação do ativo A com o B na carteira reduz o risco da carteira até um determinado valor. O Gráfico 4 apresenta uma carteira composta de dois ativos com rentabilidades negativamente correlacionadas ($\rho_{AB} = -0,8$).

Gráfico 3

Carteira de Ativos com Rentabilidades Perfeitamente Correlacionadas

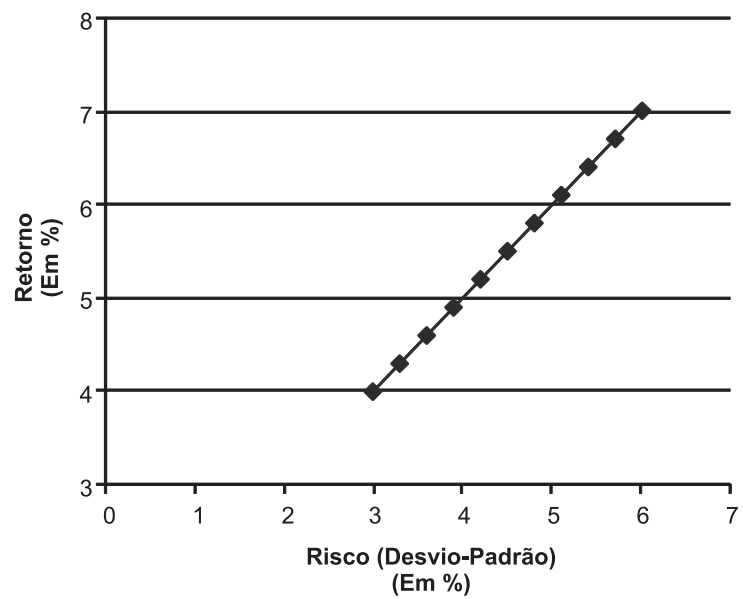
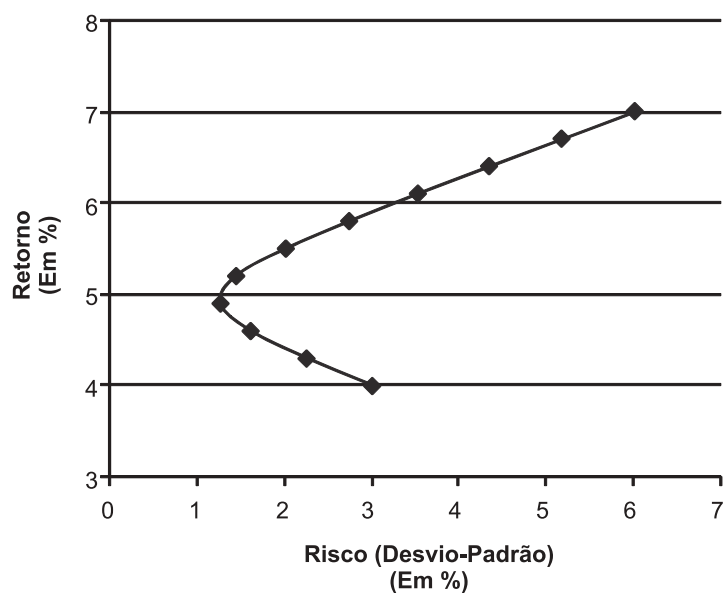


Gráfico 4

Carteira de Ativos com Rentabilidades Negativamente Correlacionadas



Para montar os Gráficos 3 e 4, foram utilizados os seguintes dados:

ATIVOS	A	B
Retorno	4	7
Risco	3	6

A composição da carteira que minimiza o risco é dada pela seguinte fórmula:

$$\varpi_A^* = (\sigma_B^2 - \rho_{AB}\sigma_A\sigma_B) / (\sigma_A^2 + \sigma_B^2 - 2\rho_{AB}\sigma_A\sigma_B)$$

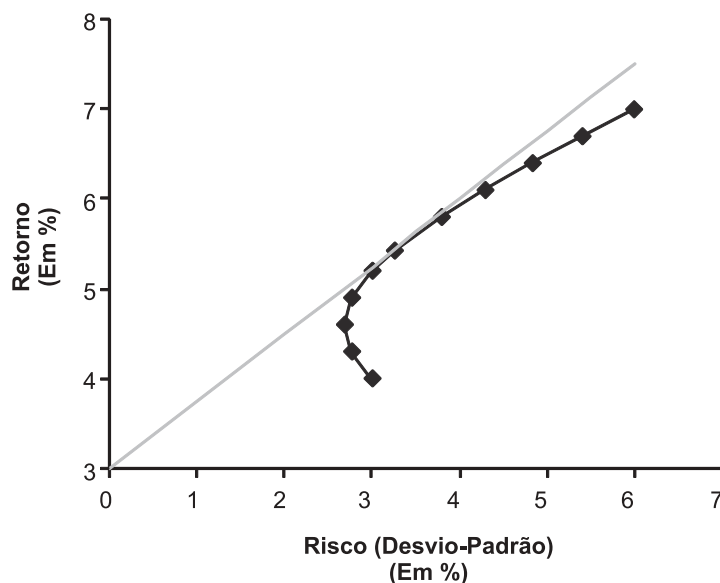
A carteira ótima para o mínimo risco é composta de 68,3% do ativo A e de 31,7% do ativo B; a rentabilidade esperada da carteira é de 4,95%, e o risco mínimo é de 1,26%, conforme apresentado a seguir:

ϖ_A^*	ϖ_B^*	μ_{carteira}	$\sigma_{\text{carteira}}^*$
68,3%	31,7%	4,95%	1,26%

Se um investidor especificar um nível de risco máximo que está disposto a assumir, a otimização da carteira passa a ser a maximização do retorno. O conjunto de carteiras ótimas forma a fronteira de eficiência, o que se denominou na moderna teoria de investimentos de fronteira eficiente de Markowitz [Corrêa e Souza (2001)].

A carteira composta de ativos de risco pode ser combinada com um ativo livre de risco. No Gráfico 5, o ativo livre de risco tem remuneração de 3%, e a reta toca a fronteira eficiente em um nível de risco de cerca de 3,5% e retorno de 5,6%. O risco mínimo da carteira de Markowitz é de 2,68%, e o retorno neste ponto de risco mínimo é de 4,6%. Se o investidor quiser manter o nível mínimo de risco e aumentar seu retorno, basta investir no ativo livre de risco. Se outro investidor aceita riscos mais elevados, acima de 3,5%, ele vai tomar emprestado recursos à taxa livre de risco e investir em sua carteira arriscada. Neste caso, a carteira alavancada aumenta o retorno, mas também o risco.

Gráfico 5

Carteira Composta de dois Ativos de Risco e um Ativo Livre de Risco

Os gráficos elaborados até aqui foram preparados para uma carteira composta de apenas dois ativos de risco, de forma que facilite a representação da carteira de Markowitz. Todavia, a carteira pode ser constituída de “n” ativos, e a generalização da fórmula da variância para “n” ativos pode ser escrita da seguinte forma:

$$\sigma^2_{\text{carteira}} = \sum_{i=1, \dots, n} \sum_{j=1, \dots, n} w_i w_j \rho_{ij} \sigma_i \sigma_j$$

Composição de Custos do Setor Sucroalcooleiro

O custo de produção de açúcar e álcool (custo na etapa industrial) é influenciado fortemente pelo custo de produção da cana-de-açúcar (custo na etapa agrícola). O fornecimento da cana-de-açúcar pode se dar pela produção em terras da própria usina, por produção em terras de parceiros (arrendadas) ou por produção de produtores independentes.

Ao longo dos anos, o setor sucroalcooleiro se estruturou de tal forma que os ganhos (e perdas) obtidos na produção de açúcar ou álcool fossem distribuídos por toda a cadeia de produção. Para isso, foi estabelecido o sistema do Conselho dos Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo

(Consecana) em junho de 1999, o qual desenvolveu uma metodologia de remuneração da cana-de-açúcar. O preço da cana é estimado em função do açúcar total recuperável (ATR) contido na cana de cada fornecedor e do peso relativo de cada produto (açúcares e álcoois) nas vendas da usina compradora do insumo.

A fórmula para a determinação da quantidade de ATR, em quilogramas por tonelada de cana pode ser escrita da seguinte forma:

$$\text{ATR} = [(10 \times 1,0526 \times (1 - \text{PI}/100 \times \text{PC}) + (10 \times (1 - \text{PI}/100 \times \text{AR}))]$$

em que:

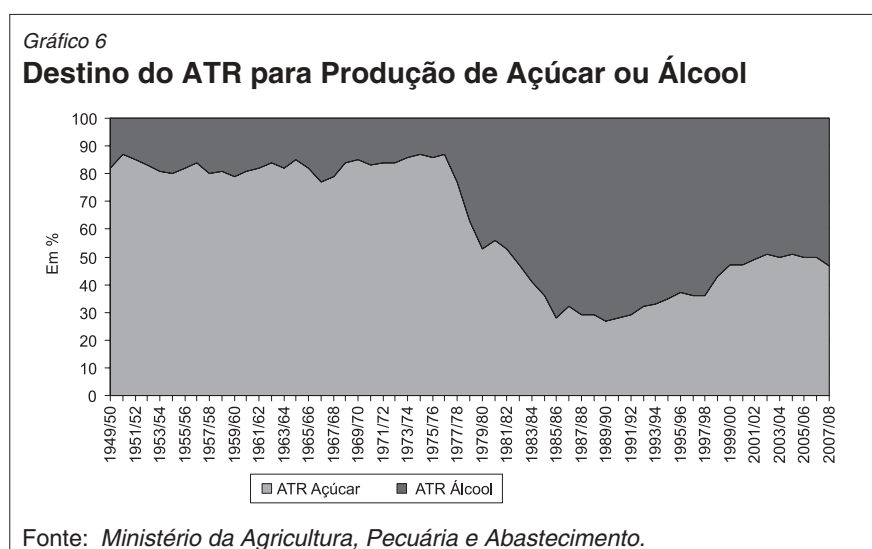
PI = a perda industrial média dos açúcares contidos na cana-de-açúcar;

PC = pol % cana, que determina a quantidade de sacarose aparente na cana-de-açúcar;

AR = açúcares redutores, que determinam a quantidade conjunta de frutose e glicose contidas na cana-de-açúcar; e

1,0526 = o fator de cálculo estequiométrico de transformação da sacarose em açúcares redutores.

O destino da cana ao longo dos anos, seja para a produção de açúcar, seja para a produção de álcool, em termos de ATR, é apresentado no Gráfico 6. O usineiro direciona a sua produção conforme os preços relativos dos produtos que ele produz.



Para a determinação do preço da tonelada de cana-de-açúcar, deverão ser utilizados os seguintes valores:

I – As quantidades, convertidas em quilogramas de ATR, conforme os fatores estequiométricos de conversão da produção total da unidade industrial, de cada um dos seguintes produtos:

- a) açúcar mercado interno (AMI);
- b) açúcar mercado externo (AME);
- c) álcool anidro residual (AAR);
- d) álcool hidratado residual (AHR);
- e) álcool anidro direto (AAD); e
- f) álcool hidratado direto (AHD).

II – Os preços médios (PM), convertidos em preço de ATR, praticados durante a safra:

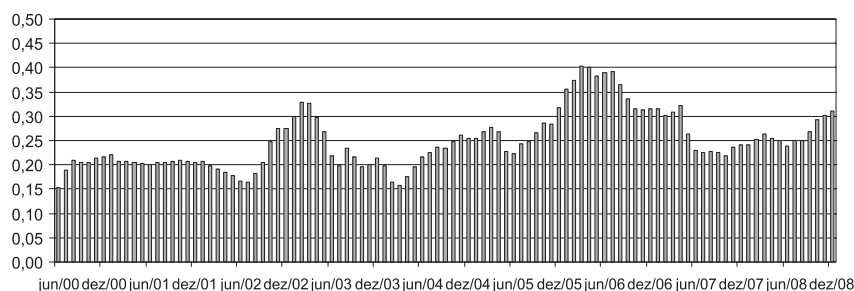
- a) álcool anidro carburante (mercado interno e externo);
- b) álcool hidratado carburante (mercado interno e externo);
- c) álcool para outros fins (mercado interno e externo); e
- d) açúcar de todos os tipos (mercado interno e externo).

III – A participação média (P) do custo médio de reposição da matéria-prima, em relação ao custo médio de reposição de cada produto acabado do item I.

Para a determinação do preço médio, em reais, do quilo do ATR da cana-de-açúcar entregue pelo produtor (PATR), deve-se aplicar a seguinte equação:

$$\text{PATR} = \frac{0,001 \times [(AMI \times PM \times P) + (AME \times PM \times P) + \dots + (AHD \times PM \times P)]}{(AMI) + (AME) + \dots + (AHD)}$$

Gráfico 7

Valor do ATR em R\$/kg

Fonte: <www.revistacanavieiros.com.br>.

Com base no preço do ATR, determina-se o preço da tonelada de cana-de-açúcar devido ao produtor de cana-de-açúcar, conforme a seguinte equação:

$$\text{Total devido} = \frac{(\text{PATR} \times \text{quantidade ATR entregue por cada produtor de cana-de-açúcar})}{\text{Quantidade de cana-de-açúcar entregue pelo produtor em toneladas}}$$

É importante ressaltar que a quantidade de ATR varia em função não só da maturidade da cana durante a safra, bem como das condições climáticas da região. Na Região Sudeste, o fornecedor de cana prefere concentrar a colheita entre os meses de julho e setembro, quando se espera obter maior quantidade de ATR.

Para aqueles que precisam ter uma remuneração estável durante a safra, mas não têm condições de produzir durante toda a safra, especialmente cooperativas, há um sistema estabelecido em comum acordo com o fornecedor e/ou cooperado, do critério de ajuste do ATR. O açúcar total recuperável relativo do fornecedor (ATRr) poderá ser determinado pela seguinte expressão:

$$\text{ATRr} = \text{ATRfq} + (\text{ATRfus} - \text{ATRfuq})$$

em que:

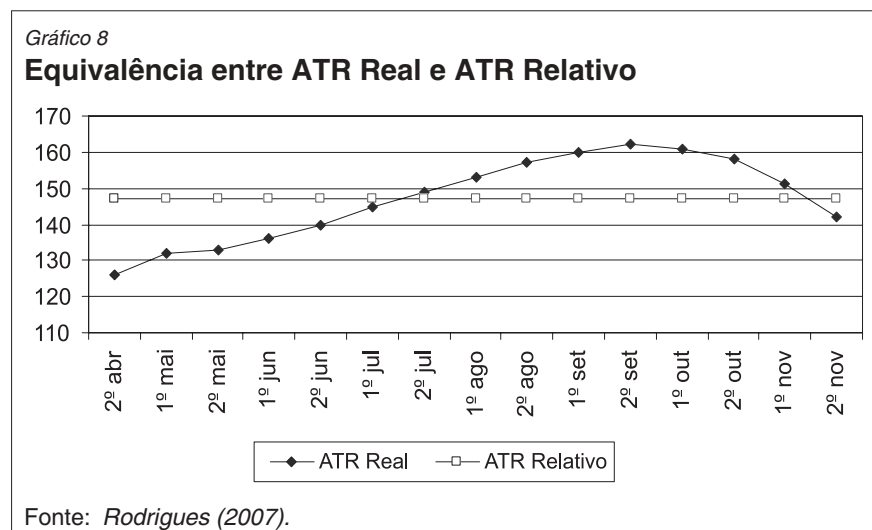
ATRr = ATR relativo do fornecedor;

ATRfq = ATR do fornecedor na quinzena;

ATR_{fus} = ATR estimado dos fornecedores da unidade na safra; e

ATR_{fuq} = ATR dos fornecedores da unidade industrial na quinzena.

O Gráfico 8 ilustra a evolução típica de ATR ao longo do ano, bem como exemplifica a equivalência do ATR real em termos de ATR relativo. A cana produzida no início e no final da safra, contendo menor teor de ATR, é empregada na produção de álcool, e a cana de melhor qualidade é empregada na produção de açúcar.



A metodologia de ATR desenvolvida pela Consecana possibilitou referenciar preços e quantidades dos produtos e insumos em uma mesma unidade. Os fatores de conversão empregados pelo setor atualmente são os seguintes:

- 1,0495 kg de ATR para produzir 1 kg de açúcar branco;
- 1,0453 kg de ATR para produzir 1 kg de açúcar VHP;
- 1,7651 kg de ATR para produzir 1 litro de álcool anidro; e
- 1,6913 kg de ATR para produzir 1 litro de álcool hidratado.

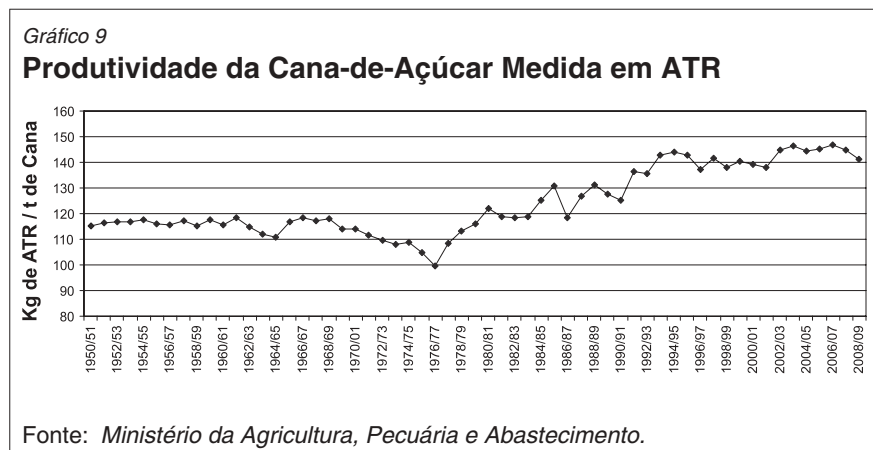
No caso do açúcar branco, admite-se que 1 kg de ATR contém 0,95 kg de sacarose (açúcar puro) e que o açúcar branco vendido no supermercado contém 99,7% de açúcar e 0,3% de impurezas. Assim, em 1 kg de açúcar branco, temos 1,0495 kg de ATR ($0,997/0,95$). No açúcar VHP, têm-se 99,3% de sacarose e 0,7% de impurezas, ou seja, a relação é de 1,0453 kg de ATR por kg de açúcar VHP.

A conversão do álcool é um pouco mais complicada. Utiliza-se no processo a levedura, um micro-organismo colocado junto ao mosto (mistura de caldo de cana e melaço descartado do processo de produção do açúcar).¹⁰ A levedura utiliza o ATR para se multiplicar, crescer e produzir novas células e para transformá-lo em álcool. Se a levedura utilizasse o ATR apenas para produzir álcool, 1 kg de ATR produziria 0,6503 litro de álcool anidro ou 0,6786 litro de álcool hidratado, mas, como parte do ATR é utilizada para a própria multiplicação da levedura, 12% do ATR se transforma em levedura. Na destilação, quando se separa o álcool dos resíduos (vinhaça), ocorre uma perda de 1% [Moraes (2007)].

Com base nesses dados, tem-se:

- 1 kg de ATR = $0,6503 \times (1 - 0,12) \times (1 - 0,01) = 0,5665$ litro de álcool anidro por kg de ATR ou 1,7651 kg de ATR por litro de álcool anidro; e
- 1 kg de ATR = $0,6786 \times (1 - 0,12) \times (1 - 0,01) = 0,5913$ litro de álcool hidratado por kg de ATR ou 1,6913 kg de ATR por litro de álcool hidratado.

É importante ressaltar que esses parâmetros sofrem revisões periódicas, pois, à medida que o progresso técnico avança, maior é a produtividade da cana. Em termos de ATR, a produtividade da cana melhorou significativamente a partir da segunda metade da década de 1970, coincidentemente ou não após o lançamento do Proálcool.



¹⁰ A utilização de melaço descartado pelo processo de produção de açúcar para a produção de álcool evidencia uma complementaridade entre os dois processos. Isso é uma das justificativas do setor para adotar uma estratégia de produção flexível, podendo produzir ao mesmo tempo açúcar e álcool.

Pelo exposto no Gráfico 9, verifica-se que há uma forte correlação entre os custos de produção agrícola e os preços dos produtos vendidos. Passemos a um enfoque mais direcionado para os custos fixos do setor. Segundo a Única, os custos fixos de uma unidade padrão (moagem de cerca de 2 milhões de toneladas/ano de cana) são detalhados conforme a Tabela 3.

Tabela 3

Composição Típica dos Custos Fixos

	R\$ Milhões
Custo Fixo Agrícola	99,8
• Máquinas Agrícolas	56,7
• Benfeitorias	6,3
• Lavoura	36,8
Custo Fixo Industrial	214,2
• Áreas Comuns	113,2
• Fabricação de Açúcar	62,7
• Fabricação de Alcool	38,3
Custo Fixo Total	314,0

Fonte: Rodrigues (2007).

Os custos também podem ser estimados em termos unitários, em função do principal insumo que é a cana. Observe que o principal custo refere-se à etapa agrícola. Os custos em toneladas de cana podem ser convertidos facilmente em custos por ATR.

Tabela 4

Composição de Custos Unitários

R\$/t de Cana

	MÉDIA	AÇÚCAR	ÁLCOOL
Agrícola			
Formação	5,06	5,06	5,06
Tratos Culturais	8,48	8,48	8,48
Colheita	11,81	11,81	11,81
Administração Agrícola	4,59	4,59	4,59
Arrendamento	7,04	7,04	7,04
Subtotal	36,99	36,99	36,99
Depreciação	1,91	1,91	1,91
Juros	3,25	3,25	3,25
Total	42,15	42,15	42,15
Indústria			
Processamento	7,39	7,78	7,00
Manutenção	3,64	3,64	3,64
Administração	3,35	3,35	3,35
Comercialização	0,20	0,28	0,13
Subtotal	14,57	15,05	14,11
Depreciação	3,80	4,15	3,45
Juros	8,84	9,50	8,17
Total	27,21	28,70	25,73
Agrícola + Indústria	69,35	70,85	67,87

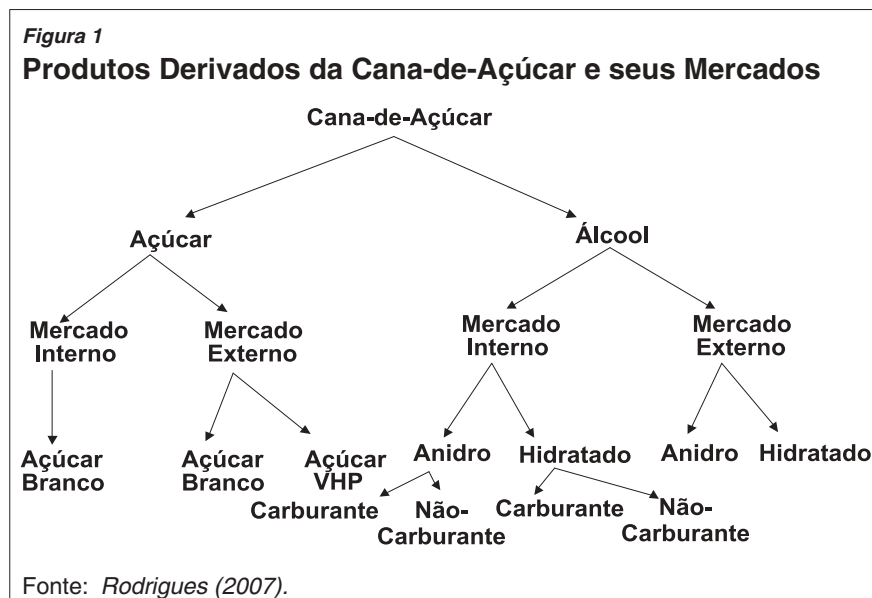
Fonte: Rodrigues (2007).

Possibilidades de Mitigação de Risco do Setor Sucroalcooleiro

O setor sucroalcooleiro pode produzir um *portfolio* amplo de produtos, conforme mencionado anteriormente. Até há pouco tempo, podia-se dizer que o açúcar era o “carro-chefe” do setor. Todavia, o crescimento do mercado do açúcar tem sido moderado, sendo afetado pelo crescimento populacional e pelo aumento de renda de países em desenvolvimento. No médio e longo prazos, não há perspectiva de um *boom* no mercado de açúcar.

O mercado de álcool apresenta perspectivas mais favoráveis, sobretudo se ele se tornar uma opção no médio e longo prazos para o mercado mundial de combustíveis. Recentemente, o álcool passou a ter importância um pouco superior à do açúcar quando se analisa a quantidade de cana processada para produzir os dois produtos. Apesar disso, é importante destacar que o mercado do açúcar está mais consolidado que o do álcool. O açúcar é uma *commodity* negociada em mercado internacional, ao passo que o álcool combustível começou a ser negociado no mercado internacional há pouco tempo. Há boas perspectivas para que esse mercado deslanche, mas hoje ainda há muitas barreiras à entrada do álcool combustível na Europa e nos Estados Unidos.

A Figura 1 mostra as possibilidades de produção de derivados do caldo da cana-de-açúcar (cerca de um terço da cana-de-açúcar). São nove produtos diferentes, mas o açúcar refinado branco, o açúcar VHP (exportação), o álcool anidro carburante e o álcool hidratado carburante são os principais. Esses produtos têm preços diferentes, e a ideia neste trabalho é verificar se esses preços e a rentabilidade são ou não correlacionados.



Além dos nove produtos citados, o setor pode obter renda com o bagaço da cana-de-açúcar (cerca de um terço da cana-de-açúcar), vendendo o subproduto do processo para outras indústrias (por exemplo, para indústrias de suco de laranja) ou queimando-o em suas caldeiras e gerando eletricidade para consumo próprio e venda de excedente de eletricidade para a rede pública. A eletricidade pode ser vendida em leilões de energia com contratos de longo prazo (15 anos) com receita fixa ou no mercado livre.

A palha (cerca de um terço da cana-de-açúcar) é queimada ou deixada no campo como forma de adubo. Porém, no estado de São Paulo, os produtores se comprometeram a eliminar a queimada da cana em áreas mecanizáveis (com declividade de até 6%) em 2014. Provavelmente, boa parte da palha vai ter de ser transportada para a usina para ser queimada em caldeiras para geração de calor e eletricidade.

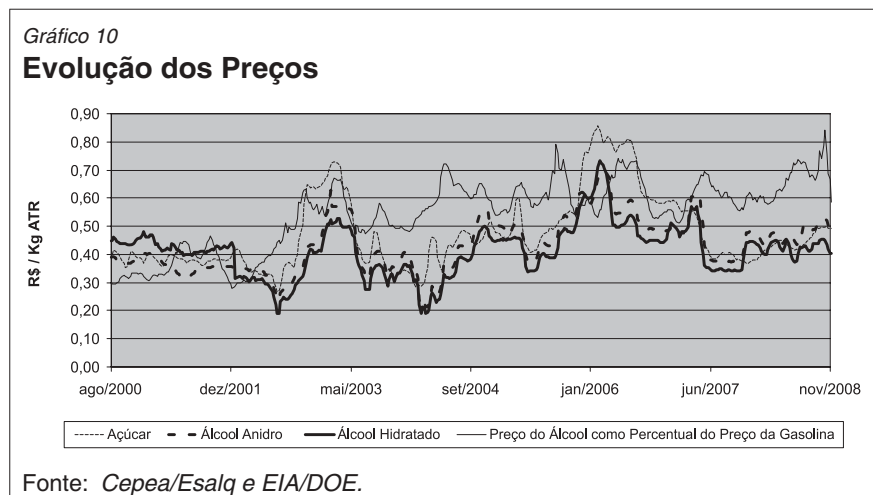
A ideia aqui é primeiramente mostrar a evolução de preços de açúcar e álcool em uma mesma unidade de medida (em R\$/kg de ATR) e verificar se houve ou está havendo um descolamento dos preços de açúcar e álcool. Também, faz-se uma comparação com a evolução da gasolina nos Estados Unidos. É bem verdade que, se o preço do álcool está se descolando do preço do açúcar e não há ainda mercado internacional expressivo de álcool combustível, o preço do álcool deveria estar balizado pelo preço da gasolina no Brasil (até o limite de 70% em razão da diferença entre conteúdos energéticos da gasolina e do álcool). Entretanto, o preço da gasolina A (pura) no Brasil não acompanha as variações de preço do mercado internacional,¹¹ enquanto o do álcool sofre variações nos períodos de safra e entressafra. Por isso, não conseguiríamos observar uma correlação real entre preços de gasolina brasileira e álcool.

A evolução do comportamento do preço da gasolina nos Estados Unidos e do preço do açúcar no passado, na mesma unidade (R\$/kg de ATR), poderia fornecer uma informação sobre a expectativa futura de comportamento do preço do álcool se este se tornar uma *commodity* negociada no mercado internacional. O preço da gasolina nos Estados Unidos foi introduzido no Gráfico 10 apenas para indicar se os preços do açúcar/álcool e da gasolina naquele país apresentam evoluções simétricas.

À primeira vista, os preços de açúcar e álcoois estão positivamente correlacionados. De fato, no passado, como o mercado de açúcar era bem mais importante do que o do álcool, o preço do álcool seguia o preço do açúcar. O usineiro só produzia álcool

¹¹ O preço da gasolina foi mantido constante entre setembro de 2005 e maio de 2008, apesar das variações do preço do petróleo, ficando acima do preço da gasolina no mercado internacional. Hoje, há desalinhamento de preços no sentido inverso: a gasolina nacional mais cara do que no exterior.

se o preço fosse interessante para ele. Caso contrário, destinava sua produção ao mercado de açúcar. Porém, o mercado interno de álcool está em franca expansão por causa do sucesso dos carros *flex fuel*. O mercado internacional é promissor porque o mercado de combustíveis é bem maior e mais dinâmico do que o de açúcar. Caso o mercado de biocombustível se expanda, é muito provável que os preços de álcool sigam os de petróleo ou sejam muito influenciados por eles, descolando, assim, do mercado de açúcar.



Comparando as covariâncias entre preços semanais de açúcar e de álcool anidro, de açúcar e de álcool hidratado e de açúcar e de gasolina nos Estados Unidos, para o período de julho de 2000 a dezembro de 2008, observam-se valores positivos. Isso significa dizer que o comportamento dos preços vão em uma mesma direção e que a mitigação é pouco expressiva ou desprezível quando combinamos rentabilidades dos diversos produtos.¹²

Porém, quando se analisa uma série de dados menor, observa-se que os termos do somatório da fórmula das covariâncias entre açúcar e álcoois permaneceram negativos desde novembro de 2007. No caso da combinação açúcar e gasolina nos Estados Unidos, os termos do somatório da fórmula da covariância têm permanecido negativos desde maio de 2007. Isso significa que desde então os preços têm oscilado em sentidos contrários para cada par de produtos. Nesse caso, há uma mitigação de risco mais significativa quando se diversifica a produção. A Tabela 5 mostra a série de preços para açúcar, álcool anidro, álcool hidratado e 70% do preço da gasolina nos Estados Unidos. As médias, desvios-padrão e covariâncias são calculados para o período de novembro de 2007

¹² Por enquanto, estamos supondo que o custo de produção é o mesmo para álcool e açúcar, uma vez que o setor trabalha com excesso de capacidade, podendo produzir de forma alternativa açúcar ou álcool na proporção de até 30%-70%, e o custo de operação é o mesmo (principal custo é o da cana).

Tabela 5

Média, Desvio-Padrão, Covariância e Correlação de Preços

DATA (SEMANAL)	AÇÚCAR VALOR S/ IMPOSTOS (R\$/ATR)	ÁLCOOL ANIDRO VALOR VISTA (R\$/ATR)	(PAÇ-MPAÇ) X (PAA-MPAA)	ÁLCOOL HIDRATADO VALOR VISTA (R\$/ATR)	(PAÇ-MPAÇ) X (PAH-MPAH)	PREÇO DO ÁLCOOL COMO PERCENTUAL DO PREÇO DA GASOLINA NOS EUA (R\$/ATR)	(PAÇ-MPAÇ) X (PA%G- MPA%G)
01-nov-07	0,377182965	0,404056427	0,002827119	0,374682197	0,003702832	0,558342526	-0,001563975
09-nov-07	0,370708436	0,440598266	-0,000718605	0,423934252	-0,001083465	0,583222482	-0,004213947
16-nov-07	0,369052265	0,478556456	-0,004674765	0,442145095	-0,002993438	0,606406819	-0,006691453
23-nov-07	0,370137865	0,478839726	-0,004655058	0,443386744	-0,003089847	0,611903925	-0,007186827
30-nov-07	0,372605191	0,480369384	-0,004696889	0,445929167	-0,003270879	0,622169649	-0,008044703
07-dez-07	0,375177948	0,484675089	-0,004997552	0,447289068	-0,003320021	0,60823203	-0,006475499
14-dez-07	0,379614355	0,485071667	-0,004807856	0,44557441	-0,003009333	0,592636824	-0,004725835
21-dez-07	0,380041173	0,48087927	-0,004396281	0,440607816	-0,002534035	0,602058775	-0,005579798
28-dez-07	0,381864202	0,472494476	-0,003546136	0,435759475	-0,002042613	0,586549231	-0,00405733
04-jan-08	0,385994182	0,468075463	-0,003001036	0,433453556	-0,001749459	0,597197159	-0,004799514
11-jan-08	0,391840182	0,452778879	-0,001558318	0,42091882	-0,000614932	0,607686834	-0,005327942
18-jan-08	0,402532681	0,444280777	-0,000754357	0,41086738	0,000174108	0,602311102	-0,004247093
25-jan-08	0,411754259	0,436179253	-0,000159658	0,402175841	0,000683371	0,605402508	-0,003880309
01-fev-08	0,415815035	0,431363662	0,000126167	0,398155265	0,000867834	0,586383185	-0,002535861
08-fev-08	0,414420879	0,431307008	0,000132561	0,398155265	0,000889003	0,583070286	-0,00240375
15-fev-08	0,416441613	0,447226786	-0,00077193	0,418494649	-0,000291428	0,576385314	-0,001942899
22-fev-08	0,422481581	0,465582687	-0,001616207	0,433926565	-0,00103942	0,58228971	-0,002033405
29-fev-08	0,426365657	0,474024135	-0,001885278	0,443150239	-0,001389318	0,585580217	-0,002030326
07-mar-08	0,432673967	0,475440485	-0,001687161	0,446697806	-0,001344213	0,589506189	-0,001913702
14-mar-08	0,437715233	0,475667101	-0,001484076	0,448589842	-0,001242746	0,606355835	-0,002268313
20-mar-08	0,442553064	0,472437822	-0,001182198	0,450659256	-0,001135154	0,62515526	-0,002528859
28-mar-08	0,448248645	0,46478953	-0,000771755	0,440371312	-0,000668265	0,628627572	-0,002141166
04-abr-08	0,449519255	0,457594471	-0,000563361	0,426535801	-0,000309468	0,631652676	-0,002102056
11-abr-08	0,451078956	0,441391423	-0,000171193	0,413409803	-0,0000015	0,625624576	-0,001830287
18-abr-08	0,451896625	0,43782222	-8,95841E-05	0,412227281	2,34316E-05	0,633728584	-0,001932699
25-abr-08	0,447254789	0,450909297	-0,000445851	0,428723467	-0,000395607	0,644307743	-0,002630463
02-mai-08	0,439512069	0,4544785	-0,000699513	0,452846922	-0,0013218	0,669245774	-0,004256858
09-mai-08	0,429819381	0,47028497	-0,001584218	0,443327618	-0,001294013	0,663628518	-0,00524768
16-mai-08	0,423769397	0,47170132	-0,001876021	0,411222137	0,00010416	0,689998049	-0,007280832
23-mai-08	0,422826564	0,465695995	-0,001610845	0,390232366	0,0011587	0,690741483	-0,007457634
30-mai-08	0,417945258	0,454251884	-0,001137949	0,377934134	0,001948148	0,723541286	-0,009988408
06-jun-08	0,416822855	0,446207014	-0,000709467	0,374090936	0,00220367	0,717068208	-0,009828711
13-jun-08	0,417119576	0,434649595	-6,02329E-05	0,377815881	0,0019840	0,72699149	-0,010330986
20-jun-08	0,416156457	0,436519177	-0,000167489	0,400461184	0,000731643	0,735354822	-0,010984289
27-jun-08	0,419216942	0,464959492	-0,001687215	0,427540945	-0,000763384	0,72759447	-0,009975434

Continua

DATA (SEMANAL)	AÇÚCAR VALOR S/ IMPOSTOS (R\$/ATR)	ÁLCOOL ANIDRO VALOR VISTA (R\$/ATR)	(PAÇ-MPAÇ) X (PAA-MPAA)	ÁLCOOL HIDRATADO VALOR VISTA (R\$/ATR)	(PAÇ-MPAÇ) X (PAH-MPAH)	PREÇO DO ÁLCOOL COMO PERCENTUAL DO PREÇO DA GASOLINA NOS EUA (R\$/ATR)	(PAÇ-MPAÇ) X (PA%G- MPA%G)
04-jul-08	0,422497532	0,461560252	-0,001412675	0,422042216	-0,0004393	0,721260896	-0,009046954
11-jul-08	0,43296519	0,499915019	-0,002654062	0,427777449	-0,000577597	0,730121961	-0,007525151
18-jul-08	0,438658402	0,504050762	-0,002418255	0,428723467	-0,000527856	0,725439413	-0,006293553
25-jul-08	0,446838034	0,500821483	-0,001757371	0,423934252	-0,0002769	0,711842356	-0,004437892
01-ago-08	0,451819666	0,491190301	-0,001218653	0,412345533	0,0000210	0,690367333	-0,003137675
08-ago-08	0,457546341	0,48637471	-0,000814414	0,410394371	0,0000454	0,67336795	-0,002025919
15-ago-08	0,459735334	0,481219194	-0,000630597	0,420445811	-0,0000941	0,681877345	-0,001851006
22-ago-08	0,471338709	0,488187638	-8,90846E-05	0,438301898	-0,0000407	0,677862439	-0,00022158
29-ago-08	0,478777899	0,490623761	0,000331367	0,436705493	0,000135714	0,664832707	0,000713338
05-set-08	0,489305799	0,495156082	0,001006052	0,437178502	0,0003894	0,67096366	0,002106507
12-set-08	0,494590811	0,505467112	0,001554464	0,43918879	0,000558894	0,699000705	0,003394192
19-set-08	0,494017918	0,514305139	0,001699299	0,448648968	0,000743204	0,769956941	0,004797751
26-set-08	0,496795632	0,523426435	0,002140877	0,452610418	0,0009357	0,741568269	0,004754525
03-out-08	0,498413793	0,525182709	0,002330964	0,452551292	0,000997712	0,788147907	0,006262607
10-out-08	0,498437241	0,528468642	0,002416797	0,451309643	0,00096701	0,842976785	0,007664729
17-out-08	0,498548695	0,52138689	0,00224623	0,436114232	0,0005826	0,757188863	0,005503913
24-out-08	0,494412293	0,50274772	0,001483319	0,420504937	0,000153651	0,688248652	0,003135617
31-out-08	0,494410048	0,497592204	0,001372628	0,404304381	-0,000193709	0,669123535	0,002725241
07-nov-08	0,490913599	0,495156082	0,001105068	0,40341749	-0,0001780	0,587096279	0,000808932
14-nov-08	0,490546978	0,510565974	0,001353352	0,4330988	0,000347318	0,532588129	-0,000165695
21-nov-08	0,491260574	0,519517308	0,001572022	0,452551292	0,000717219	0,534557893	-0,000136394
28-nov-08	0,490706219	0,508299813	0,001325419	0,436764619	0,0004155	0,501378168	-0,000720749
05-dez-08	0,494779127	0,497082318	0,001385136	0,435286466	0,000478655	0,481645162	-0,001316623
12-dez-08	0,503248345	0,499405133	0,001993358	0,435109088	0,000659161	0,474402792	-0,002047195
19-dez-08	0,520972009	0,497988783	0,00309219	0,436705493	0,0011216	0,444325536	-0,004689304
26-dez-08	0,523740863	0,491983457	0,002965656	0,43706025	0,001204343	0,443706778	-0,004991206
Média desde jul. 2000	0,472969802	0,433571122		0,413339199		0,542014869	
Desvio- padrão desde jul. 2000	0,131361613	0,096474656		0,090442644		0,124638079	
Covariância desde nov. 2007			-0,000568904		-0,000201436		-0,002904564
Covariância desde jul. 2000			0,010368816		0,008949991		0,007717522
Correlação desde jul. 2000			0,818177321		0,753322391		0,471366466

a dezembro de 2008, e a correlação é apresentada para o período de julho de 2000 a dezembro de 2008. Os valores de correlação mostram que os preços de açúcar e álcool estão fortemente correlacionados para o período completo, mas a covariância negativa para o período desde novembro de 2007 indica que pode estar havendo um descolamento entre preços de álcool e açúcar.

Opções de Investimentos em Cogeração

Os resíduos do processo de produção de açúcar e álcool podem ser utilizados para gerar calor e eletricidade. Hoje, o bagaço é empregado com esse fim, mas em futuro próximo, por causa das restrições ambientais crescentes contra a queimada no campo, a palha deverá ser utilizada nas caldeiras, aumentando, assim, a geração de energia no processo de produção. A energia excedente terá de ser vendida à rede elétrica.

O aumento da eficiência e geração de excedente para a rede elétrica é uma opção tecnológica dita de primeira geração. Além dessa, há opções de segunda geração que utilizam a biomassa (bagaço e palha) para a produção de álcool celulósico ou para gaseificação da biomassa para produção de eletricidade. Portanto, qualquer decisão de investimento no curto e médio prazos por uma opção de primeira geração pode ter seu retorno influenciado por trajetórias tecnológicas futuras. Nossa análise parte do princípio de que não haverá nenhuma ruptura tecnológica no curto e médio prazos que inviabilize o aumento da eficiência na cogeração.

Muitas das mais de 350 usinas instaladas no país geram energia para consumo próprio, usando caldeiras de 21 bar. As usinas com caldeiras de 42 bar podem gerar um pequeno excedente para rede. Atualmente, as usinas que estão relativamente próximas à rede elétrica e que precisam renovar o seu parque industrial investem em caldeiras de 65 bar. Essa é a tecnologia que vem sendo adotada pelo setor para a modernização de plantas com equipamentos novos. É possível empregar também caldeiras mais eficientes, capazes de suportar pressões acima de 90 bar. A tecnologia desse tipo de caldeira é dominada por fabricantes nacionais e é fornecida para outros setores como de papel e celulose e petroquímica.

O setor sucroalcooleiro tem preferido comprar caldeiras de 65 bar porque os benefícios auferidos por caldeiras mais eficientes (90 bar) não justificam os custos, mesmo em projetos de implantação de unidades (*greenfield*). Porém, as restrições ambientais que vêm sendo impostas para reduzir as queimadas no campo têm levado alguns produtores a adotar caldeiras mais eficientes para queimar bagaço e palha. Dessa forma, os fornecedores de

equipamentos tendem a adquirir escala de produção, e as caldeiras de 90 bar devem se tornar mais competitivas.

O governo procurou, recentemente, promover a melhoria da eficiência da cogeração, pois, no final de 2007 e início de 2008, em pleno período úmido, houve escassez de chuvas, os níveis dos reservatórios estavam baixos e, portanto, o risco de desabastecimento de energia elétrica se elevou significativamente.

No início de 2008, estudavam-se duas formas de incentivo visando à promoção de cogeração a biomassa eficiente (caldeiras acima de 90 bar) para disputa em leilão específico, a fim de negociar energia de reserva: incentivos fiscais e financeiros. Porém, com a extinção da CPMF, os incentivos fiscais saíram da pauta das negociações. Além disso, as caldeiras para entrega em curto espaço de tempo (geração a partir de 2009) já tinham sido encomendadas aos fornecedores e por isso os próprios usineiros solicitavam a manutenção das condições de financiamento para as caldeiras de 65 bar.

Nas simulações realizadas pelo BNDES, foram utilizadas as opções de realização de investimentos com financiamento corporativo, prestando garantias pessoais e reais, e de realização de financiamento na modalidade *project finance*. Para esta última modalidade, torna-se necessária a constituição de sociedade de propósito específico (SPE), na forma de sociedade anônima, para obter financiamento do BNDES.

A estrutura na forma de SPE é menos rentável do que a estrutura integrada usina-cogeração em razão dos impostos aplicáveis. No caso da SPE, a usina vende bagaço para a SPE e esta vende vapor e eletricidade para a usina. Portanto, há incidência de tributos na transação desses insumos e serviços entre usina e SPE. A energia elétrica gerada pode ser vendida para os diversos estados da nação, quando destinada ao mercado cativo, e o ICMS da energia elétrica é cobrado no consumo. Por isso, não há como recuperar todo ICMS recolhido.

Os cenários estudados basearam-se em dados de usinas com capacidade de esmagar entre 3,5 milhões e 4 milhões de toneladas de cana por ano. As usinas têm a opção de adquirir uma caldeira de 90 bar e instalar capacidade de 60 MW ou adquirir 2 caldeiras de 65 bar e instalar capacidade de 75 MW. Os investimentos são equivalentes nas duas opções.

Foram estimados retornos para usinas integradas e para SPE, considerando um cenário-base sem isenção fiscal, um segundo cenário com isenção de tributos federais sobre a energia elétrica

e um terceiro com isenção de tributos federais e redução de ICMS (parcela da energia elétrica que fica no estado da usina). As taxas internas de retorno descritas nos cenários a seguir são do projeto não alavancado.

**Projeto 1:
Caldeira 90 bar
– Capacidade de
Geração de
60 MW**

1A – Usina Integrada de Açúcar e Alcool Existente com Investimento em Cogeração:

CENÁRIO	TIR DO PROJETO (Em %)
Base, sem isenção de impostos	6,44
Com isenção de impostos federais sobre energia elétrica	6,97
Com isenção de impostos federais e redução ICMS sobre energia elétrica	7,99

1B – SPE – Investimento *Greenfield* em Cogeração:

CENÁRIO	TIR DO PROJETO (Em %)
Base, sem isenção de impostos	6,12
Com isenção de impostos federais sobre energia elétrica, vapor e bagaço	6,60
Com isenção de impostos federais e redução de ICMS sobre energia elétrica, vapor e bagaço	8,25

**Projeto 2:
Caldeiras 65 bar
– Capacidade de
Geração de
75 MW**

2A – Usina Integrada de Açúcar e Alcool Existente com Investimento em Cogeração:

CENÁRIO	TIR DO PROJETO (Em %)
Base, sem isenção de impostos	9,18
Com isenção de impostos federais sobre energia elétrica	9,79
Com isenção de impostos federais e redução ICMS sobre energia elétrica	10,38

2B – SPE – Investimento *Greenfield* em Cogeração:

CENÁRIO	TIR DO PROJETO (Em %)
Base, sem isenção de impostos	7,63
Com isenção de impostos federais sobre energia elétrica, vapor e bagaço	8,16
Com isenção de impostos federais e redução de ICMS sobre energia elétrica, vapor e bagaço	10,12

De acordo com esses resultados, com base no cálculo da TIR do projeto, pode-se concluir que o formato *project finance* com constituição de SPE é menos rentável que um que preste garantias corporativas e que as caldeiras de 65 bar são mais rentáveis do que as caldeiras de 90 bar.

Em geral, os empreendimentos vendem energia elétrica excedente por meio de leilões de energia no Ambiente Regulado, com contratos de 15 anos e receita fixa reajustada anualmente pelo IPCA, e/ou vendem no Ambiente Livre com contratos de prazo mais curto. Ao término do contrato, a energia pode ser recontratada sucessivamente até o fim da vida útil dos equipamentos. Dessa forma, os rendimentos da cogeração se aproximam de uma série longa de pagamentos ou de uma perpetuidade.

A venda no Ambiente Livre no mercado *spot* poderia, ainda, ser uma forma de mitigação de risco caso os preços de energia elétrica apresentem movimento complementar aos preços dos demais produtos produzidos pelo setor sucroalcooleiro.¹³ Todavia, vamos admitir apenas a possibilidade de venda no Ambiente Regulado e supor que a renda fixa do contrato de energia é livre de risco.

Além disso, partimos do princípio de que a cogeração é menos rentável (e menos arriscada) do que as atividades tradicionais do setor alcooleiro. Como os recursos são escassos, vamos analisar se a associação dos usineiros com investidores interessados em cogeração (via SPE) pode propiciar algum ganho para os usineiros.

¹³ Essa hipótese deveria ser testada, uma vez que a geração elétrica com base no bagaço de cana na Região Sudeste ocorre no período de estiagem, quando o preço da energia elétrica está elevado. Entretanto, no período da safra, os preços das commodities agrícolas e do álcool costumam cair. Portanto, poderia ser incluído mais um produto na matriz de covariância do item anterior, mas preferiu-se deixar esse tipo de análise para um trabalho futuro.

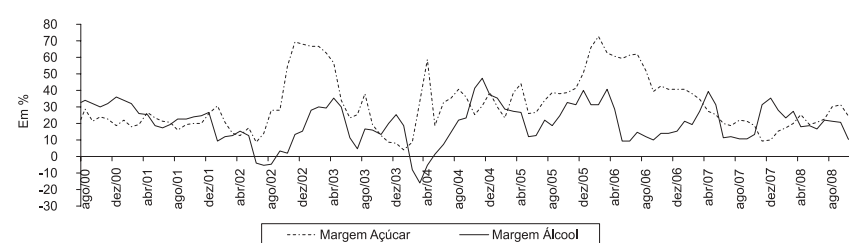
Investimentos em Cogeração para Mitigar Riscos e Ampliar Retornos do Setor Sucroalcooleiro

A inclusão de renda fixa no *portfolio* de ativos dos investidores tem o objetivo de reduzir os riscos do *portfolio*. A rentabilidade da atividade agrícola ou da industrial é muito provavelmente superior à da cogeração, porém esta última é uma atividade menos arriscada do que as demais.

O custo do capital próprio do usineiro para produção de cana (agrícola) e produção de açúcar e álcool (industrial) é superior à taxa interna de retorno da cogeração em qualquer uma das modalidades apresentadas anteriormente. Aqui, analisaremos as margens obtidas pelo usineiro na parte industrial, calculadas mensalmente desde julho de 2000, com base no preço do açúcar e do álcool em R\$/kg de ATR e nos custos da cana (custo do ATR publicado pelo Consecana), e custos industriais para se produzir açúcar e álcool em R\$/t de cana (ver tabela 4), convertidos em R\$/kg de ATR.

Gráfico 11

Margens Obtidas na Produção de Açúcar e Álcool



Com base no Gráfico 11, observa-se que as margens de açúcar e álcool seguiam uma mesma tendência no passado, mas há algum tempo percebem-se movimentos distintos. A Tabela 6 apresenta a média de margens, desvio-padrão e covariância para dois períodos: desde julho de 2000 e desde abril de 2006.

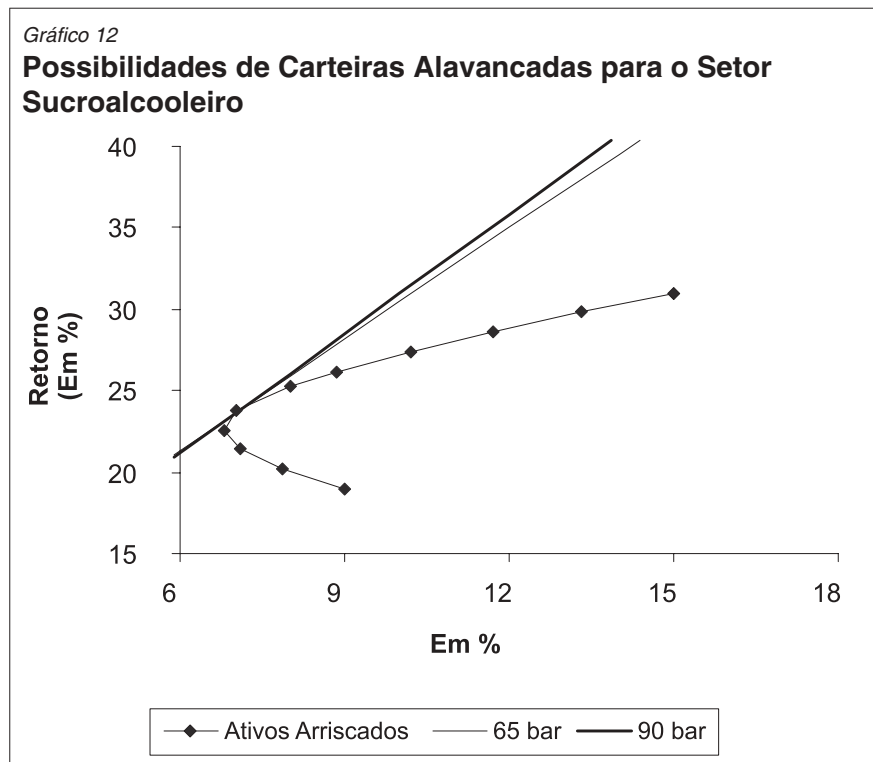
Tabela 6

Média, Desvio-Padrão, Covariância e Correlação de Margens

	MARGEM AÇÚCAR	MARGEM ÁLCOOL
Desde Julho 2000		
Média	31%	20%
Desvio-Padrão	17%	12%
Covariância		0,0022558
Desde Abril 2006		
Média	31%	19%
Desvio-Padrão	15%	9%
Covariância		-0,0032499

Tomando-se como base os dados desde abril de 2006, montou-se uma carteira de Markowitz com ativos arriscados (açúcar e álcool) e se combinou com dois tipos de renda fixa: cogeração com caldeira de 65 bar (retorno fixo de 7,63% na modalidade SPE/*project finance*) e cogeração com caldeira de 90 bar (retorno fixo de 6,44% na modalidade SPE/*project finance*).

De acordo com o Gráfico12, se o usineiro quiser diminuir o seu risco (17% na atividade de produção de açúcar e 12% na atividade de produção de álcool), ele pode investir em cogeração, reduzindo consequentemente o seu retorno médio. A melhor opção nesse caso seria o emprego de caldeiras de 65 bar. Porém, se o empreendedor não é avesso ao risco, ele pode se concentrar em atividades mais arriscadas e destinar seus recursos quase que exclusivamente às atividades arriscadas de produção de açúcar e álcool. Esse é o caso de usineiros que não investiram até o momento em cogeração com excedente de venda para a rede elétrica, empregando caldeiras de 21 e 42 bar. Mas um usineiro com este mesmo perfil poderia se associar a terceiros, praticamente não se endividar para colocar recursos em uma cogeração eficiente e obter recursos para o seu negócio principal com a associação. Se puder obter recursos em renda fixa e investir em negócios arriscados, pode aumentar ainda mais o retorno de seu *portfolio*, em uma carteira alavancada. Nesse caso, a melhor opção seria o investimento em uma caldeira de 90 bar.



O menor nível de risco se dá quando a carteira é composta de 31% de recursos em açúcar e 69% em álcool. Porém, o usineiro é tomador de risco e prefere operar com uma carteira composta de ativos mais arriscados do que uma carteira de risco mínimo. A estratégia que ele utiliza para reduzir sua exposição consiste em investir em excesso de capacidade industrial para poder redirecionar facilmente sua produção para a fabricação de álcool.

Outra opção seria o usineiro se associar a parceiros interessados em investir em cogeração, de forma que libere um volume de recursos maior para atividades mais rentáveis, sobre as quais ele tem vasto conhecimento, apresentando vantagens comparativas consideráveis se comparadas às dos novos entrantes provenientes de outros setores. Investidores habituados com o setor elétrico têm perfil de aplicação de recursos com rendimentos de renda fixa. Eles seriam um dos interessados potenciais. Mas é preciso aprofundar o debate para se saber se há outras razões que impedem a associação de usineiros com novos parceiros.

Conclusões

O trabalho procurou analisar se a diversificação de produtos gerados pelo setor sucroalcooleiro é ou não uma forma relevante de mitigar os riscos do setor. Para tanto, tomou por base o modelo conhecido por fronteira eficiente de Markowitz para tratar esse ponto. Além disso, fez-se uma análise, fundamentada no conceito de carteira alavancada, da estratégia de introduzir uma renda fixa (receita da venda de energia elétrica à rede por meio de contrato de longo prazo) como forma de mitigar risco e alavancar retorno.

A análise de dados mostrou que os preços do açúcar e do álcool, que sempre foram fortemente correlacionados, podem ter começado a se descolar a partir de novembro de 2007. Há necessidade, contudo, de esperar um pouco mais de tempo para se certificar dessa nova tendência. A probabilidade de haver o descolamento aumenta à medida que o etanol se torna uma *commodity* negociada no mercado internacional, visto que o preço da gasolina nos EUA vem oscilando de forma oposta ao preço do açúcar há mais tempo.

Porém, o aumento do consumo de produtos agrícolas nos países em desenvolvimento, a corrida para produção de biocombustíveis e a especulação com as *commodities* (principalmente petróleo) têm influenciado o preço das *commodities* agrícolas. Com o ajuste dos mercados, pode ser que os preços do açúcar e da gasolina voltem a apresentar movimentos positivamente correlacionados.

Com base nessas avaliações ainda preliminares, os usineiros tradicionais têm uma ótima oportunidade de expandir seus negócios, associando-se a investidores de peso que estão mais interessados em aplicar seus recursos na parte industrial. É bem verdade que os projetos integrados (agricultura-indústria-cogeração), com captação de recursos na modalidade *corporate*, são mais rentáveis do que projetos estruturados em SPE (usineiros e terceiros), com captação na modalidade *project finance*. Os tributos fazem a grande diferença quando apenas a rentabilidade dos projetos é analisada. Contudo, os recursos são limitados. A cogeração pode gerar uma renda fixa ao usineiro e os recursos próprios que deveriam ser destinados a esse fim poderiam ser aplicados em atividades mais rentáveis, para as quais os potenciais parceiros não estão preparados nem capacitados para executá-las. Além disso, o maior potencial de inovação e ganhos de eficiência está na parte agrícola.

O modelo proposto pode auxiliar os usineiros a melhor dimensionar a capacidade produtiva de sua indústria. Hoje, eles trabalham em uma faixa de 30%–70%, mas esse intervalo pode diminuir caso os mercados de açúcar e álcool venham a apresentar comportamento mais estável.

Cabe aqui mencionar também a possibilidade de estudos futuros, temas sobre os quais não se pôde aprofundar no presente trabalho. Uma das possibilidades seria aumentar o leque de produtos arriscados e incluir, por exemplo, a venda de eletricidade no mercado *spot* para verificar a correlação com os demais produtos.

Outro ponto que pode ser melhorado refere-se à estimativa de margens e rentabilidades do setor. Neste trabalho, as margens foram calculadas pelas diferenças entre os preços dos produtos finais (açúcar e álcool) e o custo da cana e custos industriais. A abordagem deveria ser mais refinada no cálculo dos custos. Porém, o foco deste trabalho ficou mais centrado em possíveis ganhos e combinações, e menos em quantificação precisa dos ganhos.

Além disso, uma estimativa de riscos do setor (diversificável e não diversificável) seria louvável, mas o mercado sucroalcooleiro ainda é muito segmentado, pois poucas empresas têm ações negociadas em bolsa. Isso auxiliaria na estimativa do custo de capital próprio, do custo ponderado do capital e na estrutura de capital ótima, de forma que os ativos arriscados e livres de riscos pudessem ser mais bem avaliados.

Por fim, é importante registrar que o setor daria um grande salto se o mercado internacional de biocombustíveis deslanchasse. Mas, para isso, é preciso melhorar a governança corporativa das empresas, pois os investidores e compradores de biocombustíveis

necessitam de informações mais transparentes, não só sobre aspectos econômico-financeiros, mas também a respeito de questões socioambientais. Uma das barreiras impostas no mercado internacional refere-se à desconfiança de que o setor exerça pressão sobre áreas de florestas e empregue mão-de-obra em condições desumanas. As empresas deveriam disponibilizar informações – tornando-as facilmente acessíveis por qualquer interessado – sobre manutenção de matas ciliares, zoneamento econômico ecológico, participação de fornecedores, produção própria de cana, empregos com carteira assinada etc., para que os investidores pudessem ter mais confiança em aplicar seus recursos no setor.

Referências

- CTC – CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA. Disponível em: <www.ctc.com.br>. Acesso em: dez. 2006.
- CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. *Cana-de-açúcar: Safra 2006/07*, mai. 2006.
- _____. *Acompanhamento da safra brasileira. Cana-de-açúcar: safra 2007/08*, ago. 2007.
- CORRÊA, Alessandro & SOUZA, Andréa. “Fronteira eficiente de Markowitz: aplicação com ativos brasileiros”. *Adcontar*, Belém, v. 2, n. 1, p. 7-10, maio 2001.
- DAMODARAN, Aswath. *Finanças corporativas: teoria e prática*. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.
- DEDINI S.A. INDÚSTRIAS DE BASE. *Etanol combustível: Balanço e perspectivas 1975-2005*. Campinas, 17 nov. 2005.
- Desafios do Desenvolvimento*, PNUD/Ipea, ano 4, n. 33, abr. 2007.
- DOUAUD, A. “Recommendations pour un développement durable des biocarburants en France”. Relatório do grupo de trabalho sobre os biocombustíveis apresentado na Commission Interministérielle pour les Véhicules Propres et Economes, Paris, jan. 2006.
- EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. *Balanço energético nacional 2006 – ano-base 2005*. Rio de Janeiro: EPE, 2006.
- FINAGRO. “Projeto Integrado de Produção Alcooleira”. In: *Etanol: como e por que investir em álcool combustível?*. São Paulo: Esalq, 27 jun. 2006.
- GOLDEMBERG, J. et al. “Ethanol learning curve: the Brazilian experience”. *Biomass and bioenergy*, 26(3): 301-04, 2004.
- GONÇALVES, Danilo. “Opção de conversão em projeto de investimento sucroalcooleiro”. In: GONÇALVES, Danilo et al. *Opções reais*:

conceitos e aplicações a empresas e negócios. São Paulo: Saraiva, 2007.

HENNIEGES, O.; ZEDDIES, J. "Fuel ethanol production in the USA and Germany – a cost comparison". *F.O. Lichts World Ethanol and Biofuels Report*, v. 1, n. 11, 11 fev. 2003.

IDEA – INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO AGROINDUSTRIAL. *Acompanhamento da safra 2007/2008 – Centro-Sul, Ribeirão Preto*, jun. 2007.

LEMON FILHO, José Rubens. *Estudo comparativo dos métodos de determinação e de estimativa dos teores de fibra e de açúcares redutores em cana-de-açúcar (Saccharum spp.)*. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/Universidade de São Paulo, 2005 (Dissertação de Mestrado).

MACEDO, I. & NOGUEIRA, L. "Biocombustíveis". *Cadernos NAE*, n. 02/2004. Brasília: Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. Disponível em: <http://www.biodiesel.gov.br/docs/Cadernos_NAE_v.2.pdf>.

MORAES, Celso. "Metodologia Consecana". *Revista Canavieiros*, mar. 2007, p. 15.

MOREIRA, J. & GOLDEMBERG, J. "The Alcohol Program". *Energy policy*. 27(4): 229-45, 1999.

RODRIGUES, Antonio de Pádua. *Participação dos fornecedores, arrendatários e parceiros da cana-de-açúcar na cadeia do açúcar e do álcool*. São Paulo: Unica/Canasul, ago. 2007.

UNICA – UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR. "Toda a energia da cana". *Caderno Especial Unica*, jul. 2006.

_____. Disponível em: <<http://www.portalunica.com.br>>.

ZENTGRAF, Roberto. *Estatística objetiva*. Rio de Janeiro: ZTG, 2001.

FLORESTAS INDEPENDENTES NO BRASIL

Marcos H. F. Vital*

** Economista do Departamento de Indústria de Papel e Celulose da
Área de Insumos Básicos do BNDES.
Colaboraram Danielle Lima, Joana Meirelles e Felipe Pismel.*

PRODUTOS FLORESTAIS

Resumo

O objetivo do presente estudo é determinar as condições de equilíbrio estático e dinâmico no mercado de madeira, apresentando a evolução da oferta, da demanda e dos preços, para avaliar as condições econômicas que condicionam a rentabilidade das florestas independentes no Brasil.

Divide-se o estudo em cinco tópicos. No primeiro, discute-se a situação atual das florestas nativas e plantadas no Brasil, com enfoque na oferta. O segundo analisa as indústrias demandantes de madeira, suas dinâmicas e as expectativas futuras. O balanço de oferta e demanda e a evolução recente dos preços da madeira são apresentados no terceiro tópico. A rentabilidade e os critérios de avaliação econômica das florestas independentes são analisados no quarto tópico e os principais APLs nacionais da madeira são brevemente retratados no último tópico.

O equilíbrio entre oferta e demanda de madeira no país é questão de grande importância para a economia e a ecologia brasileiras.¹ Ao mesmo tempo em que a relação entre oferta e demanda determina o preço da madeira, afetando diretamente a competitividade de uma gama de indústrias, também é fator-chave para a redução do desmatamento das matas nativas dos diferentes biomas nacionais.

Perspectivas de expansão dessas indústrias merecem atenção para que a sua matéria-prima essencial não lhes falte ou se torne mais onerosa. A existência de um excesso de demanda por madeira pode acarretar dois efeitos: do lado, a elevação no preço desse insumo básico pode aumentar a atratividade das atividades silviculturais e induzir a entrada de produtores independentes, mas reduzir a competitividade de uma cadeia de produtos; e, de outro, excesso de demanda pode pressionar as matas nativas tropicais.

A recente oportunidade de emitir créditos de carbono, no contexto das discussões do Protocolo de Quioto, em particular das condições referentes ao Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), e suas implicações para as atividades de florestamento e reflorestamento também podem contribuir para elevar a rentabilidade da floresta e fazer do Brasil um hospedeiro de projetos de MDL.

Existem duas fontes distintas de *oferta de madeira* no país: as florestas plantadas (basicamente com eucaliptos e pinus); e as matas nativas (ora manejadas de modo economicamente rentável e ecologicamente sustentável, ora extraídas de maneira predatória).

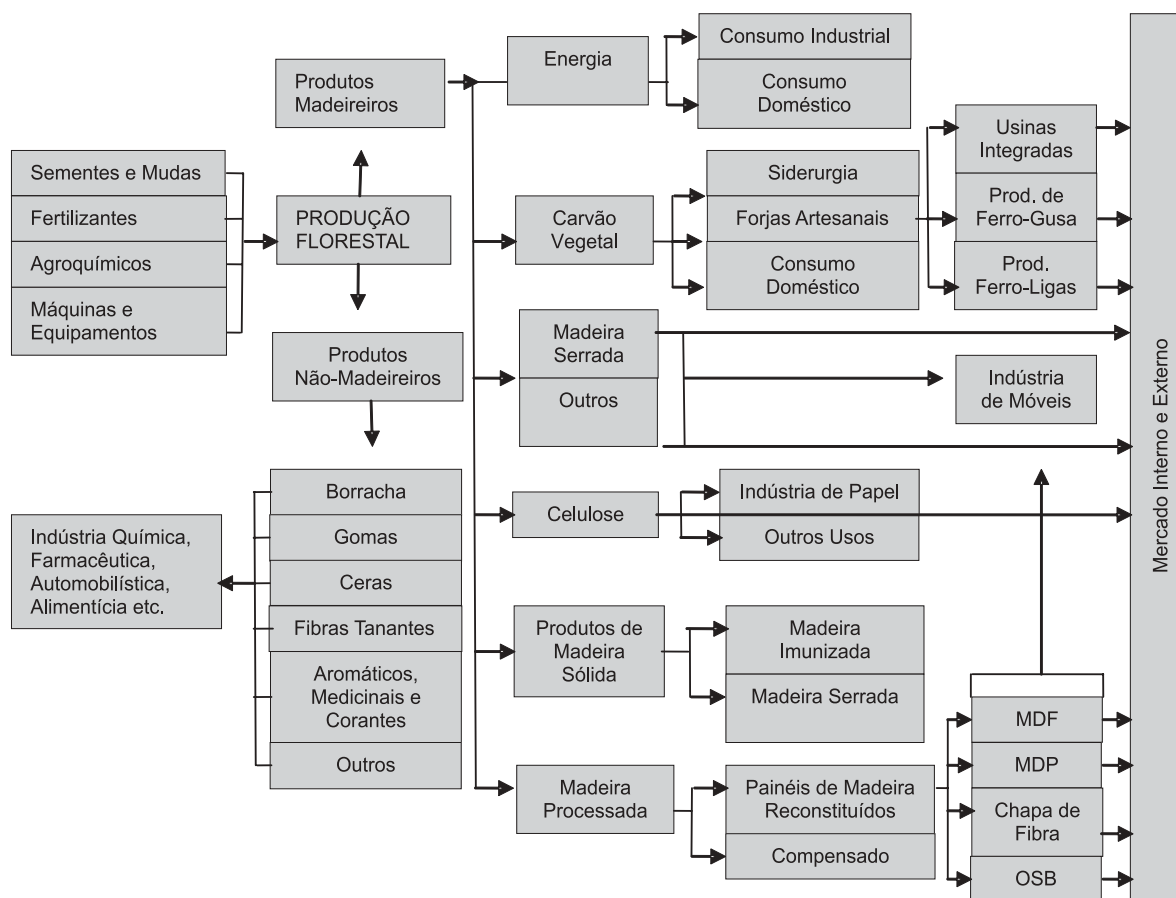
Por sua vez, existem diferentes fontes de *demandas por madeira* (para fins industriais e energéticos) no Brasil, sendo as principais: indústria de papel e celulose, serrados, chapas de madeira, carvão vegetal (para siderurgia), móveis e construção civil, entre outras, de menor volume (Figura 1).

Assim, a dinâmica de preços da madeira depende, de um lado, do ritmo dos reflorestamentos e da produtividade das florestas nacionais (nativas e plantadas) e, de outro, do crescimento do consumo dos diversos produtos à base de madeira.

¹ Além de poder posicionar o Brasil, estrategicamente, como produtor de etanol de biomassa, inclusive de eucalipto.

Figura 1

A Cadeia Agroindustrial da Madeira



Fonte: Abraf (2007).

A Oferta de Madeira no Brasil

Existem duas fontes de madeira no país: as florestas nativas (ao redor de 422 milhões de hectares); e as florestas plantadas (aproximadamente 6,1 milhões de hectares).

De acordo com o IBGE, o valor da produção primária florestal brasileira, no ano base de 2006, somou R\$ 10,9 bilhões. Desse total, 66% foram provenientes do segmento de silvicultura (R\$ 7,2 bilhões) e 34% do extrativismo vegetal (R\$ 3,7 bilhões).²

² Extrativismo vegetal, de acordo com a metodologia do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), é o processo de exploração dos recursos vegetais nativos, que compreende a coleta ou apanha de produtos como madeiras, látex, sementes, fibras, frutos e raízes. Pode ser realizado de forma racional, permitindo a obtenção de produções sustentadas ao longo do tempo, ou de modo primitivo e itinerante, possibilitando, geralmente, apenas uma única produção.

De acordo com relatório da Sociedade Brasileira de Silvicultura (SBS), o Brasil era, em 2006, o país com a segunda maior área de cobertura florestal natural do mundo, perfazendo 477,7 milhões de hectares.³

Florestas Nativas no Brasil

Extensão, Localização e Natureza Jurídica

Tabela 1

Florestas Nativas no Brasil (2006)⁴

(Em Milhões de ha)

Florestas Nativas Públicas	235
Florestas Nativas Privadas	242
Total de Florestas Nativas no Brasil	477

Fonte: SBS (2007).

Em 2007, de acordo com a SBS, o Brasil possuía 242 milhões de hectares de florestas (aproximadamente, 50% das florestas naturais do país) sob domínio privado. As áreas públicas federais somavam 193,8 milhões de hectares, divididas entre reservas extrativistas, florestas nacionais (Flonas) e áreas indígenas (84% do total das florestas públicas). O restante é relativo a florestas estaduais, parques etc.

Em 2007, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) forneceu uma imagem, via satélite, que permite boa visualização dos remanescentes de florestas nativas no país (Figura 2).

Figura 2

Cobertura Vegetal do Brasil (2007)



Fonte: Inpe.

Nota: As partes mais escuras da figura (Amazônia, litoral de mata atlântica e o pampa) representam as regiões em que ainda existe cobertura vegetal intacta, enquanto as partes mais claras (Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste) representam menor cobertura vegetal. É interessante ver a imagem colorida, obtida por satélite, no site do INPE.

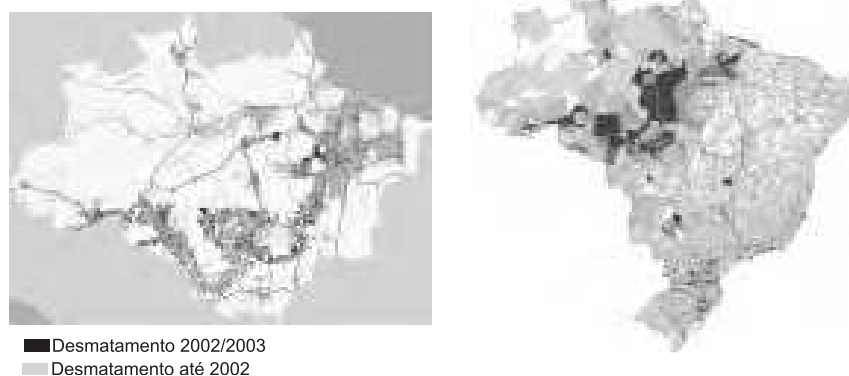
³ O relatório afirma, ainda, que 60% são compostos de florestas tropicais, 34% de cerrados, 4% de matas de caatinga e 2% de mata atlântica.

⁴ Ver Plano Anual de Outorga Florestal de 2008 (PAOF 2008). Nele, as florestas públicas são divididas de acordo com suas destinações.

De acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente (Abimci), a floresta amazônica é responsável por 85% da produção de madeira nativa no Brasil. De fato, a maior concentração de empresas de produtos de madeira encontra-se, justamente, na região conhecida como “arco do desmatamento” (Figura 3). A sobreposição do mapa do desmatamento da Amazônia com o mapa de concentração de empresas voltadas à extração/produção de madeira mostra, claramente, que a matéria-prima dessas empresas é oriunda de matas nativas.⁵

Figura 3

Desmatamento na Amazônia x Empresas Madeireiras



Fonte: Inpe.

Fonte: GEOBNDES.

Em 2006, foi aprovada lei para gestão de florestas públicas para produção sustentável no Brasil. A lei permite a exploração de florestas pertencentes ao Estado por empresas privadas, mantendo a posse pública sobre a área.⁶

**Produção e
Consumo de
Madeira Nativa no
Brasil**

Como dito, as florestas nativas também constituem uma fonte de matéria-prima para certas indústrias à base de madeira. A elevada concentração de empresas de fabricação de produtos de madeira na Amazônia é um indicativo de que ainda se utiliza muita madeira nativa para fins industriais no Brasil, embora seja impossível, sem a fiscalização adequada dos órgãos ambientais, determinar exatamente o volume demandado desse tipo de madeira. Acredita-se que grande parte da madeira extraída da Amazônia não seja legalizada, razão pela qual não há estatísticas sistemáticas e coerentes entre si.

⁵ De acordo com a Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (Abraf), a variação no consumo de carvão vegetal para siderurgia acumulou acréscimo de 50% nos últimos dez anos. Desse acréscimo, apenas metade foi suprida por florestas plantadas, sendo o restante, naturalmente, oriundo de matas nativas, em particular na região de Carajás (polo guseiro) e no Mato Grosso do Sul (impactando, portanto, os biomas Amazônia e Pantanal).

⁶ Lei 11.284/2006.

TABELA 2

Quantidade Produzida e Variação Percentual dos Produtos da Extração Vegetal e da Silvicultura no Brasil (2005–2006)

PRODUTOS	QUANTIDADE PRODUZIDA (T)		VARIAÇÃO
	2005	2006	(%)
Extração Vegetal			
Madeiras			
Carvão Vegetal	2.972.405	2.505.733	-15,7
Lenha¹	45.422.943	45.159.866	-0,6
Madeira em Tora¹	17.372.428	17.985.901	3,5
Pinheiro Brasileiro			
Nó-de-Pinho¹	16.377	10.878	-33,6
Madeira em Tora¹	136.109	90.485	-33,5
Árvores Abatidas²	81	51	-36,9
Silvicultura			
Carvão Vegetal	2.526.237	2.608.847	3,3
Lenha¹	35.542.255	36.110.455	1,6
Madeira em Tora¹	100.614.643	100.766.899	0,2
Para Papel e Celulose¹	54.698.479	55.114.729	0,8
Para Outras Finalidades¹	45.916.164	45.652.170	-0,6
Cascas Secas de Acácia-Negra	280.329	262.313	-6,4
Folhas de Eucalipto	60.319	48.364	-19,8
Resina	64.197	61.077	-4,9
Total Geral	305.622.885	306.377.717	0,2

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura 2005-2006.

¹ Quantidade declarada em m³.

² Quantidade em mil árvores.

De acordo com o IBGE, em 2006, a produção de madeira em tora na atividade extrativista somou 18 milhões de m³, 3,5% maior (613.473 m³ adicionais) que a registrada em 2005. O Pará se destaca, com 9,5 milhões de m³ ou 52,9% desse total.⁷

⁷ Na produção de lenha oriunda do extrativismo vegetal, destacaram-se Bahia (24,8%), Ceará (10,2%), Pará (8,6%), Maranhão (7,2%) e Paraná (6,2%). O instituto afirma, ainda, que o extrativismo do carvão caiu 15,7%, revertendo a tendência de crescimento desde 1998.

De acordo com estudo setorial da Abimci (2007), as florestas nativas no país sofrem exploração predatória. Nesse sentido, o manejo sustentável de florestas públicas, previsto na Lei 11.284/2006, surge como meio de atenuar os malefícios desse tipo de exploração.

**Florestas
Plantadas no
Brasil**

**Extensão Atual e
Localização das
Principais Espécies
Cultivadas**

Em 2007, o Brasil possuía, aproximadamente, 6 milhões de hectares de florestas plantadas para fins industriais, sendo 3,8 milhões de hectares com eucaliptos, 1,8 milhão de hectares com pinus e 425 mil hectares plantados com outras espécies (acácias, araucárias, seringueiras, pópulos e tecas).

Tabela 3

**Florestas Plantadas com Pinus, Eucaliptos e Outras
Espécies no Brasil (2005-2007)**

(Em ha)

ÁREA FLORESTADA	2005	2006	2007	CRESCIMENTO: 2005-2007(%)
Eucaliptos	3.407.204	3.549.148	3.751.867	10,1
Pinus	1.834.570	1.824.269	1.808.336	(1,4)
Outros	326.176	370.519	425.194	30,4
Total	5.567.950	5.743.936	5.985.397	7,5

Fonte: *Abraf (2008)*.

As plantações de eucalipto avançaram em todos os estados brasileiros em que ele é plantado à taxa média de 3,0% a.a., exceto no Amapá, onde se observa pequena redução. Vale notar substancial crescimento no Mato Grosso do Sul (83%, entre 2005 e 2007, ou seja, 94 mil ha) e no Rio Grande do Sul (crescimento de 24%, entre 2005 e 2007, ou seja, 40 mil hectares), visando atender à demanda futura de novos projetos de empresas de celulose que se instalaram nestas regiões. No Mato Grosso do Sul, a elevação do plantio visa atender, também, à produção de ferro-gusa.

As plantações de pinus sofreram elevação apenas nos estados de Santa Catarina e Paraná, reduzindo-se em todos os outros. De fato, é possível observar grandes reduções na área plantada nos estados do Amapá (redução de 67%, equivalente a 18,8 mil ha), Mato Grosso do Sul (redução de 47%, equivalentes a 18,2 mil ha) e Bahia (redução de 24%, equivalentes a 13,5 mil ha). A elevação do plantio de pinus em Santa Catarina e no Paraná é

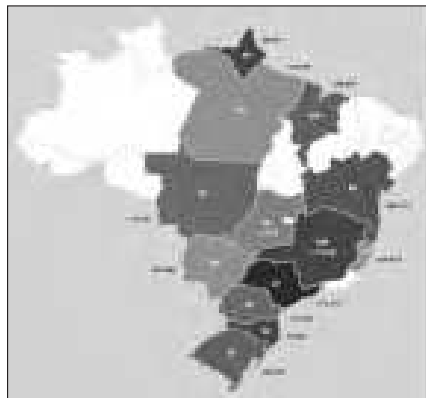
fruto da existência de um arranjo produtivo local (APL) madeireiro no município de Lajes (SC) e de fábricas de embalagem (que utilizam celulose de fibra longa).

Figura 4

Plantações de Eucalipto e Pínus no Brasil, por Regiões

(Em ha)

Eucalipto



Pínus



Fonte: Abraf (2007).

As plantações brasileiras de eucalipto estão concentradas em Minas Gerais (29%), São Paulo (22%), Bahia (15%), Espírito Santo (6%) e Rio Grande do Sul (6%), nos biomas cerrado, mata atlântica e pampa.

Já as plantações brasileiras de pínus estão concentradas no Paraná (39%), Santa Catarina (30%), Rio Grande do Sul (10%), Minas Gerais (8%) e São Paulo (8%).⁸

O crescimento da plantação de “outras espécies” também é digno de nota, em especial para as acácias (*Acacia spp*), o paricá (*Schizolobium Amazonicum spp*) – espécie nativa da Amazônia, com características apropriadas para a produção de compensado – e a teca (*Tectona grandis*), originária do Sudeste Asiático, com características próprias para a produção de madeira sólida para uso naval. A acácia é a mais plantada, com 189.690 hectares, enquanto o paricá, produzido essencialmente no Pará, foi o que mais cresceu entre 2006 e 2007 (92,6%).

As empresas associadas da Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (Abraf) são responsáveis por 43%

Estrutura Fundiária

⁸ Esse fato se deve ao perfil da indústria local, bem como às condições climáticas, mais propícias às coníferas.

do total de florestas plantadas no país. Com base nessa amostra, é possível observar, recentemente, alteração nas proporções entre as áreas de florestas próprias das empresas, as áreas dos fomentados e as arrendadas.

Em 2007, a distribuição das áreas entre os tipos de propriedade era a seguinte: 75% em áreas próprias, 15% em áreas fomentadas e 10% em arrendadas. Em 2005, a distribuição constituía em: 81% em áreas próprias, 11% em áreas fomentadas e 8% em arrendadas.⁹

Reflorestamentos no Brasil

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA), em 2006 o plantio nacional de florestas se situou ao redor de 627 mil hectares. Na ausência de desbastes (D), os reflorestamentos (R) equivalem a um aumento de capacidade produtiva potencial (por elevar a base florestal, isto é, o total de área plantada) da floresta e é variável de controle fundamental para assegurar a dinâmica de equilíbrio da oferta e da demanda de madeira.¹⁰

$R - D > 0 \rightarrow$ Elevação da base florestal

$R - D < 0 \rightarrow$ Redução da base florestal

Em 1990, o Brasil possuía 6 milhões de hectares de florestas plantadas. Em 2000, a área plantada caiu para 5 milhões. O resultado, como será visto, foi a elevação recente do preço da madeira e o temor de escassez deste recurso, no que se denominou, à época, “apagão florestal”, em alusão ao déficit de energia por que passou o país em 2001.

Enquanto durante os anos 1990 observou-se mais retirada de madeira que reflorestamentos, ao longo da década seguinte, nota-se a retomada dos plantios em nível superior aos desbastes, fazendo com que a base florestal retornasse ao nível de 1990. Em 18 anos (entre 1990 e 2008), o país manteve estagnada sua área de floresta plantada.

⁹ O Mato Grosso do Sul se destaca com o maior aumento em áreas arrendadas, entre 2005 e 2007, da ordem de 223%, enquanto Santa Catarina se destaca com maior aumento em áreas fomentadas, da ordem de 35%. O maior aumento em áreas de florestas próprias é observado no Rio Grande do Sul e no Mato Grosso do Sul, da ordem de 24% e 12%, respectivamente.

¹⁰ Para produzir 12 milhões de toneladas de celulose por ano, são necessários desbastes de cerca de 240 mil hectares por ano.

Tabela 4

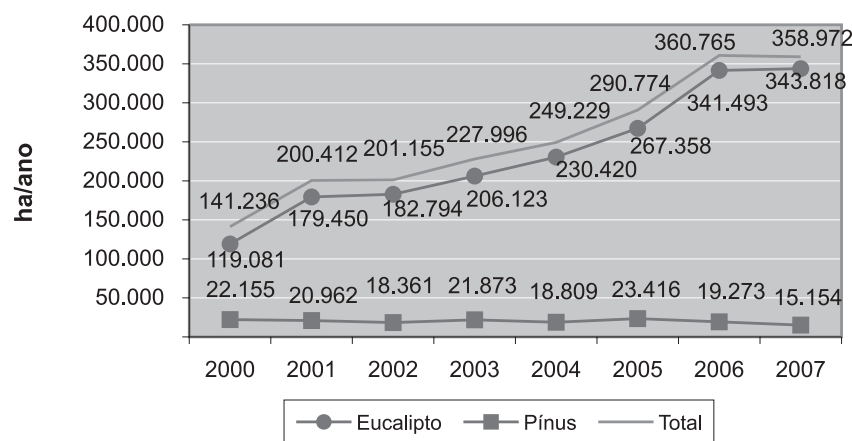
Reflorestamento 2002–2006

	2002	2003	2004	2005	2006
Área Plantada (ha)	320.000	425.000	465.000	553.000	627.000
Crescimento Anual	n/a	33%	9%	19%	13%
Participação dos Pequenos Produtores	8%	14%	19%	23%	25%

Fonte: MMA - Programa Nacional de Florestas.

Gráfico 1

Evolução do Plantio Anual com Florestas* das Empresas Associadas da Abraf (2000–2007)



Fonte: Anuário Estatístico da Abraf 2008.

*Inclui expansão e reforma florestal.

Pressões ambientais e escassez de madeira oriunda de florestas plantadas para atender a indústria de ferro-gusa têm levado governos estaduais (Minas Gerais e Pará, em particular) a desenvolver programas de elevação da base florestal. Em Minas Gerais, pretende-se elevar a base florestal de 1,1 milhão de ha para 1,8 milhão, em oito anos [Abraf (2007)].

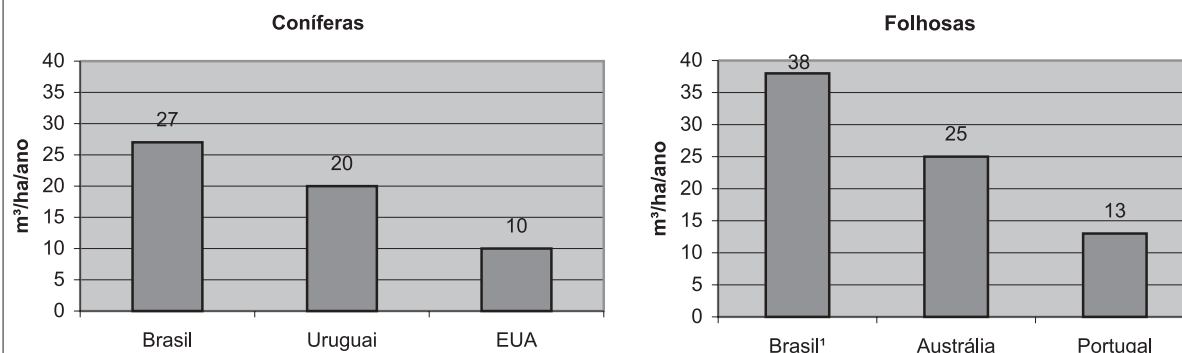
A floresta é um ativo *sui generis*, pois cresce autonomamente (mesmo sem a interferência humana), ao longo do tempo.¹¹ Utilizam-se dois critérios principais de produtividade para florestas

Produtividade das Florestas Plantadas no Brasil

¹¹ Vale notar que manipulações genéticas e estudos especializados têm elevado a produtividade das florestas brasileiras.

Gráfico 2

Comparação da Produtividade Florestal de Coníferas e Folhosas com Países Seleccionados (2006)



Fonte: Anuário Estatístico da Abraf (2008).

Fonte: Anuário Estatístico da Abraf (2008).

¹ Eucalipto.

plantadas: o ICA (incremento corrente anual) e o IMA (incremento médio anual).¹²

Enquanto o ICA mede o volume de madeira produzido no período de um ano (assemelhando-se, nesse sentido, ao conceito econômico de “produtividade marginal”), o IMA corresponde ao volume total de madeira produzida dividido pela idade da floresta (assemelhando-se, pois, ao conceito de produtividade média). Os indicadores são expressos em m³/ha/ano.

O Instituto de Pesquisas Florestais (Ipef) elaborou estudo sobre a produtividade dos plantios de eucalipto no Brasil, desenvolvidos pelas maiores empresas produtoras de celulose e papel, onde foram selecionadas diferentes espécies de *Eucalyptus spp.*, implantadas em maciços florestais localizados sob diversas condições climáticas, em distintas regiões do país. Os resultados parciais apontam para uma produtividade média dos clones de *Eucalyptus* testados de 49 m³/ha/ano, seguindo o manejo tradicional de cada empresa.¹³

O Ipef identificou e quantificou a influência de técnicas silviculturais na produtividade das florestas plantadas. De acordo com o instituto, sem a fertilização, a produtividade cai em 30% (34 m³/ha/

¹² De modo estrito, em teoria econômica, a produtividade é uma relação entre o volume de produção de uma dada mercadoria e a quantidade de insumo ou fator de produção utilizada para tal produção.

¹³ Vale notar que a produtividade das empresas associadas da Abraf é maior que a média nacional, graças ao grande volume de investimentos em pesquisas de melhoramento genético e técnicas silviculturais apropriadas a cada região.

Tabela 5

Incremento Médio Anual

Sítio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Idade	5,1	7,2	6,1	7,1	7,3	6	5,1	5	6,3	6,1	6,2	7,9	6,3	6,3
IMA (m ³ /ha/ano)	29,8	22,2	18	24	20	30	36	30	30	32	36	40	60	64

Fonte: Stape (2004).

ano), enquanto a adição maciça de fertilizantes, por outro lado, não aumenta significativamente a produtividade (51 m³/ha/ano).

O uso da irrigação elevou a produtividade em 29% (63 m³/ha/ano) e, quando associado à fertilização, atingiu a produtividade de 68 m³/ha/ano, um ganho de 38% em relação ao tradicional. É importante ressaltar que esses números, por representarem a produtividade das melhores empresas do setor, destoam da média nacional, como exposto adiante.

Uma tese de doutorado desenvolvida na Colorado University por Stape (2002) analisa os fatores que influenciam a formação de biomassa de eucalipto em solo brasileiro, identificando o efeito marginal (isolado) de cada fator (água, luminosidade, fertilidade do solo) sobre a capacidade da árvore de produzir biomassa. O estudo identifica, ainda, o IMA médio de cada região. Para tanto, dividiu-se o país em 14 sub-regiões. O IMA calculado para as localizações escolhidas por Stape (2002) pode ser visto na Tabela 5.

O IMA médio encontrado foi de 33,7 m³/ha/ano. Nota-se, porém, elevado desvio padrão (13,5 m³/ha/ano) causado pela heterogeneidade de condições hídricas, luminosas e edáficas¹⁴ das regiões escolhidas para o estudo. De acordo com o autor, as regiões que apresentaram maiores produtividades encontram-se no sul da Bahia.¹⁵

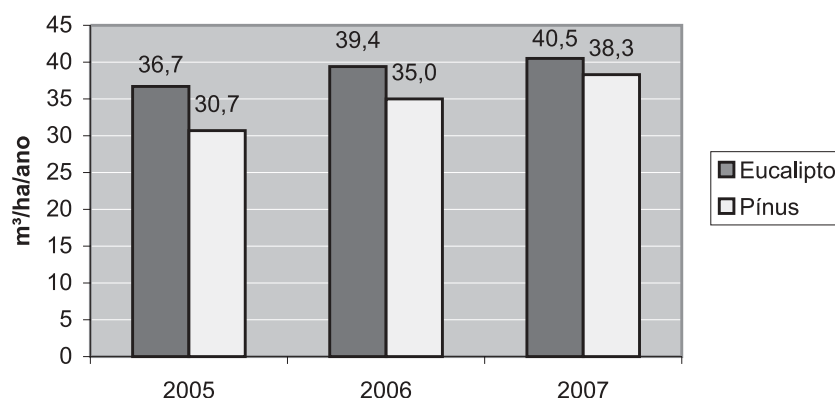
Nos últimos anos, o setor florestal brasileiro tem apresentado considerável elevação da produtividade de suas florestas, graças a técnicas de clonagem e de estudos que diagnosticam os principais fatores para elevação da produtividade das plantações.

¹⁴ Relativas ao solo.

¹⁵ O conhecimento preciso do IMA é fundamental na precificação e avaliação econômico-financeira de projetos florestais, como discutido no Tópico 5.

Gráfico 3

Evolução do IMA dos Plantios Florestais das Empresas Associadas da Abraf



Fonte: Abraf (2008).

Produção Sustentada de Madeira Plantada no Brasil

A capacidade sustentada de produção de uma floresta equivale ao produto de sua área florestal pelo seu IMA, uma medida de quanto é possível extrair de madeira sem comprometer a produção futura, isto é, mantendo-se a mesma capacidade de produzir madeira no ano seguinte.¹⁶ A distribuição regional dessa capacidade pode ser observada no Gráfico 4.

Tabela 6

Capacidade Sustentada de Produção das Florestas Plantadas no Brasil (2007)

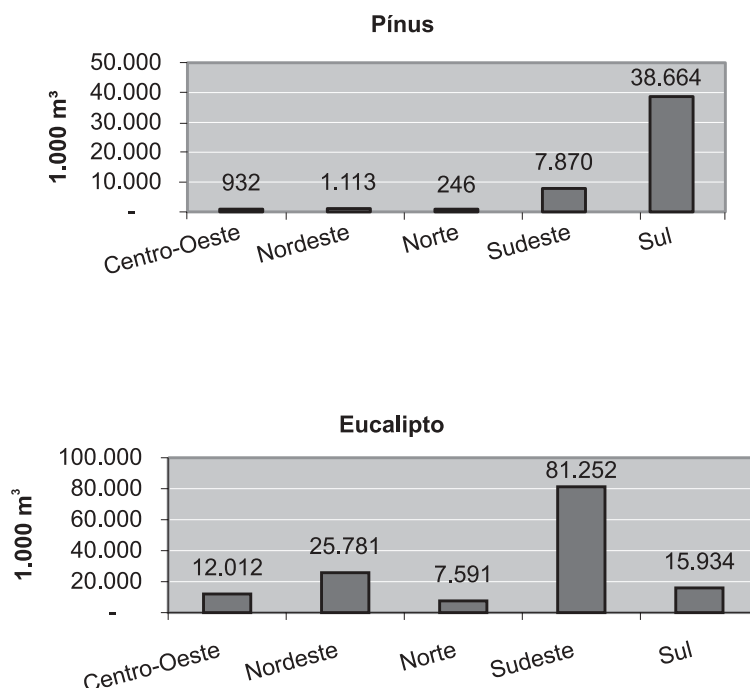
ESPÉCIE	ÁREA PLANTADA (1.000 ha)	IMA (m³/ha/ano)	PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL (1.000 m³/ano)	%
Pinus	1.808	27	48.825	26
Eucalipto	3.752	38	142.571	74
Total	5.560	N/A	191.396	100

Fonte: FAO, STCP (2008).

¹⁶ Se um país tem 10 milhões de hectares de terra plantados com eucaliptos e o IMA do eucalipto é, em média, 38 m³/ha/ano, cada ano a floresta produzirá 380 milhões de m³ de madeira. Uma vez que, mesmo retirando 380 milhões de m³, a floresta segue em crescimento, no próximo ano haverá outros 380 milhões de m³ (sob a hipótese simplista de produtividade marginal constante). Dessa forma, diz-se que uma floresta com 10 milhões de hectares e produtividade média de 38 m³/ha/ano tem uma capacidade sustentada de produção de 380 milhões de m³ de madeira, por ano.

Gráfico 4

Distribuição Regional da Capacidade Sustentada de Produção por Espécies (2007)



Fonte: Abraf (2008).

Como é possível notar, 95,3% da produção sustentável de madeira em toras de pinus concentra-se nas Regiões Sul e Sudeste. Essa concentração deve-se ao nível de desenvolvimento da indústria madeireira nessas regiões (madeira serrada, compensados e painéis reconstituídos).

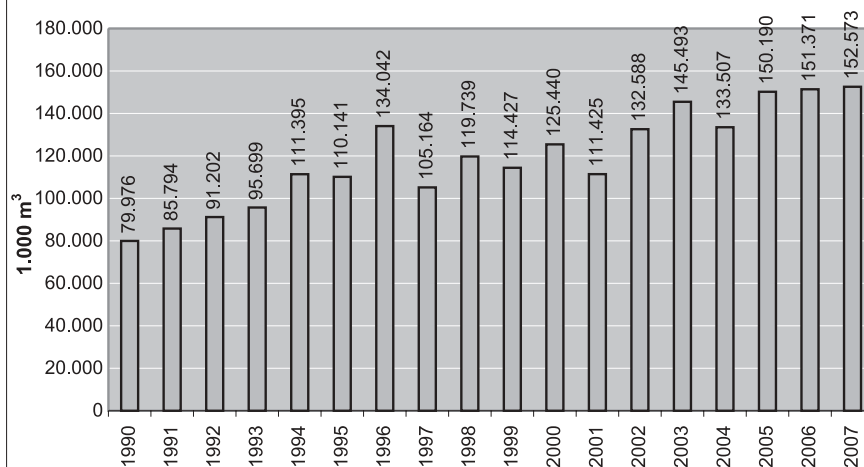
Por sua vez, 86,3% da produção sustentável de eucalypto em toras está concentrada nas Regiões Sudeste, Nordeste e Sul. De forma geral, tais plantações atendem à demanda da indústria de papel e celulose, siderúrgicas a carvão vegetal e painéis de madeira reconstituída, instaladas nessas regiões. A evolução da produção de madeira em toras oriunda de florestas plantadas é mostrada no Gráfico 5.

Entre 1990 e 2007, a produção nacional de madeira em toras cresceu a taxas anuais de 3,87%. Comparando a produção de madeira em toras com a capacidade sustentada de produção, percebe-se que o nível de utilização é de 79,71%.¹⁷

¹⁷ Os dados do IBGE divergem dos dados da Abraf. De acordo com o instituto, a produção nacional de 2006 totalizou 118,7 milhões de m³, sendo 84,9% proveniente de florestas cultivadas e 15,1% coletada em vegetações nativas. Levando-se em conta os dados do IBGE, a ociosidade chegaria a 40%.

Gráfico 5

Evolução da Produção de Madeira em Toras de Florestas Plantadas para Uso Industrial no Brasil (1990-2007)



Fonte: Abraf (2008).

Esse nível de ociosidade das florestas plantadas reflete a visão estratégica das empresas que investem em florestas próprias (além de arrendadas e fomentadas) visando a futuras expansões de capacidade. Ao contrário do que se alardeou, não há sinais de excesso de demanda por madeira nos mercados de celulose, papel e chapas. Ao contrário, no caso, por exemplo, do setor de celulose, detentor de 1,7 milhão de hectares de florestas plantadas, dada a necessidade anual de apenas 220 mil hectares (para produzir as atuais 11,9 milhões de toneladas anuais, de 2007), o setor tem autonomia de oito anos de matérias-primas. Ademais, os crescentes níveis de produtividade das florestas atenuariam ainda mais possível pressão de demanda.

Já nos setores de ferro-gusa e serrados tropicais, existe excesso de demanda por madeira plantada, suprido, entretanto, com matas nativas e, por isto, não refletido no preço da madeira. A próxima seção trata especificamente da demanda por madeira no país.

Demanda por Madeira Plantada e Nativa no Brasil

Uma vez que as florestas nacionais são a base de uma diversidade de cadeias produtivas, a demanda por madeira depende diretamente da produção (portanto, do consumo) dos produtos finais à base dessa matéria-prima, em particular celulose e papel, carvão vegetal (para siderurgia) e serrados de pinus – responsá-

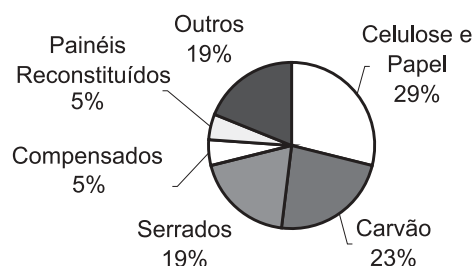
veis, em conjunto, por 73,14% do total consumido de madeira em toras de florestas plantadas, em 2007.¹⁸

Dos 155,65 milhões de m³ de madeira em toras oriunda de florestas plantadas produzidos no país, em 2007, 105,64 milhões de m³ foram de eucaliptos e 50,01 milhões de m³ de pinus. A distribuição da demanda, por segmentos industriais, é mostrada no Gráfico 6.

Distribuição do Consumo, por Destinação Industrial

Gráfico 6

Distribuição do Consumo de Madeira em Tora de Florestas Plantadas, por Segmento Industrial (2007)



Total: 155,7 milhões de m³

Fonte: Abraf (2008).

Em 2007, a indústria de celulose e papel foi responsável pelo consumo de 38,12% das toras de eucalipto e de 14,45% das de pinus.

A indústria siderúrgica, com a utilização de carvão vegetal, foi responsável por 35,35% do consumo de toras de eucalipto, não utilizando quantidade alguma de pinus. Vale notar que parte do carvão vegetal utilizado na fabricação do ferro-gusa advém de florestas nativas.

¹⁸ De acordo com a Abraf, grande parte da demanda adicional por eucalipto, recentemente observada, foi suprida pelo aumento dos programas de fomento e arrendamento, assim como pela oferta de produtores independentes, além de melhorias na produtividade das florestas, e não por expansão da base florestal.

Tabela 7

Consumo de Madeira em Toras de Floresta Plantada para Uso Industrial no Brasil, por Segmento e Espécie (2006 e 2007)

SEGMENTO	CONSUMO DE MADEIRA EM TORAS EM 2006 (1.000 m³)				CONSUMO DE MADEIRA EM TORAS EM 2007 (1.000 m³)			
	Pínus	Eucalipto	Total	(%)	Pínus	Eucalipto	Total	(%)
Celulose e Papel	7.185	39.576	46.761	30,78	7.231	40.271	47.502	30,52
Painéis Reconstituídos	5.803	1.546	7.349	4,84	6.194	1.737	7.931	5,10
Compensado	6.531	144	6.675	4,39	5.445	154	5.599	3,60
Serrados	25.418	2.992	28.410	18,70	25.928	3.052	28.980	18,62
Carvão ¹	-	34.537	34.537	22,74	-	37.352	37.352	24,00
Outros	5.189	22.987	28.176	18,55	5.215	23.075	28.290	18,16
Total (Silvicultura)	50.126	101.782	151.908	100,00	50.013	105.641	155.654	100,00

Fonte: Abraf (2008).

A indústria de serrados, por sua vez, utilizou-se, basicamente, de pínus, sendo responsável por 51,84% do consumo dessas toras e apenas 2,88% do consumo de toras de eucalipto

Por fim, para a fabricação de painéis de madeira, foram utilizados 12,38% do total das toras de pínus e somente 1,64% das de eucalipto.¹⁹

Retrospectiva dos Setores Demandantes de Madeira no Brasil

A evolução recente da produção de alguns bens fabricados à base de madeira pode ser vista na Tabela 8.

Em 2007, o Brasil produziu 11,9 milhões de toneladas de celulose e 8,9 milhões de toneladas de papéis (todos os tipos). O setor foi beneficiado pelo aquecimento da demanda mundial e pela elevação do preço da commodity (revertido a partir da crise iniciada em outubro de 2008).

Em 2007, a produção de gusa por não-integradas foi da ordem de 9,6 milhões de toneladas. Utilizando a relação técnica de produção de 750 kg de carvão por tonelada de gusa, estima-se uma demanda da ordem de 7,2 milhões de toneladas de carvão vegetal,

¹⁹ Vale notar que no consumo de toras para carvão inclui-se também aquele oriundo de matas nativas. Alguns setores têm intensificado a utilização de madeira de reflorestamento, como é o caso da produção de painéis de madeira reconstituída e do setor de papel e celulose, que já usam somente (em 100% dos casos) madeira de florestas plantadas.

Tabela 8

Evolução da Produção de Bens Fabricados à Base de Madeira Plantada e Nativa

(Em Mil Toneladas)

PRODUTOS/ANO	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	% a.a
Celulose	7.463	7.412	8.021	9.069	9.620	10.352	11.179	11.998	7,02
Papel	7.200	7.438	7.774	7.916	8.452	8.597	8.725	8.970	3,19
Painéis Reconstituídos	2.702	2.977	3.096	3.466	3.998	3.962	4.426	4.974	9,11
Compensado de Pínus	1.440	1.500	1.600	2.101	2.430	2.460	2.375	1.980	4,65
Madeira Serrada de Pínus	7.500	7.950	8.320	8.660	8.990	8.935	9.078	9.260	3,06
Carvão Vegetal	7.500	9.115	9.793	12.216	19.490	18.862	17.189	18.438	13,71
Ferro-Gusa	n/a	n/a	29.694	32.039	34.558	33.884	32.452	35.571	3,68
Produtores Independentes	5.916	6.278	6.555	7.869	9.657	9.774	9.467	9.628	7,21

Fonte: Abraf (2008), SBS (2008) e AMS (2008).

apenas para a produção de ferro-gusa.²⁰ Para que a demanda de carvão fosse integralmente suprida por florestas plantadas, seriam necessários 266 mil hectares de florestas plantadas com eucalipto disponíveis anualmente para desbastes.²¹

De acordo com o IBGE, entre 2006 e 2007 a produção de *carvão da silvicultura* (florestas cultivadas) aumentou 3,3%, alcançando 2,6 milhões de toneladas. O *carvão oriundo do extrativismo* também apresentou elevação acentuada, de 13,71%. No total, em 2006, a produção de carvão vegetal somou 5,2 milhões de toneladas, 6,9% menor que a de 2005.²² A discrepância entre os dados do IBGE e a estimativa realizada por este estudo sugere que parte do carvão utilizado seja oriunda de florestas nativas e não declarada.

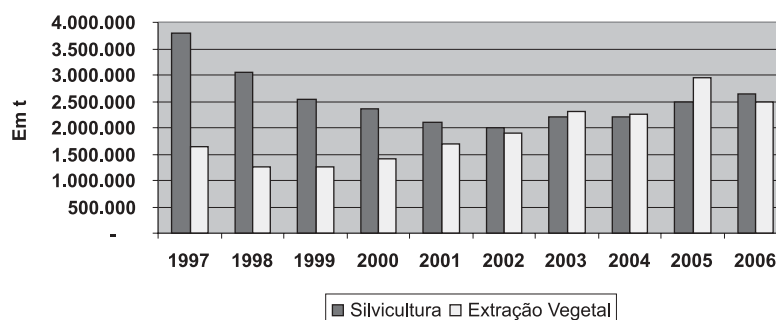
²⁰ Vale notar que esse número é incompatível com as estatísticas do IBGE, que registram uma produção nacional ao redor de 5 milhões de toneladas de carvão.

²¹ De acordo com a literatura, 1 ha de floresta de eucalipto produz entre 9 e 14 toneladas de madeira. Para fazer esse cálculo, utilizou-se uma aproximação da média, ou seja, 12 toneladas/ha.

²² Em 2006, os principais estados produtores de carvão vegetal da silvicultura foram Minas Gerais (75,7%), Maranhão (9,8%), Bahia (3,1%), São Paulo (2,9%), e Mato Grosso do Sul (2,8%). Buritizeiro, em Minas Gerais, com 446.795 toneladas, respondeu por 17,1% do total produzido no país. Para o carvão vegetal obtido com material lenhoso da extração vegetal, Mato Grosso do Sul (24,0%), Maranhão (19,0%), Bahia (14,5%), Goiás (11,4%), Minas Gerais (10,5%) e Pará (8,6%) são os maiores produtores nacionais. A Bahia teve queda na produção de 54,6%.

Gráfico 7

Produção de Carvão Vegetal: Silvicultura x Extrativismo (1997–2006)



Fonte: IBGE.

A Abimci informa que a produção de *madeira serrada*, em 2006, atingiu 23,8 milhões de m³, sendo 14,7 milhões de m³ de madeira tropical e 9,1 milhões de m³ de pinus. Enquanto, de acordo com a instituição, a produção de madeira tropical serrada cresceu, nos últimos dez anos, a taxas de 0,8% a.a., a produção de madeira serrada de pinus aumentou 6,2% a.a.²³

De 2006 para 2007, a produção de compensado de pinus passou de 2,4 milhões de m³ para 2,3 milhões de m³. O consumo, muito abaixo, de 535 mil explicita a elevada exportação de compensados no país. A produção de compensado tropical manteve-se ao redor de 660 mil m³ e o consumo em tonro de 225 mil m³, sinalizando a mesma tendência exportadora.

Os setores demandantes de madeira são as indústrias de base, bastante sensíveis às variações no PIB e no preço de *commodities*.

**Estimando a
Demanda Total
de Madeira
com Base
no Consumo
de seus Elos
Produtivos e dos
Investimentos
Esperados
até 2015**

A Tabela 9 apresenta relações técnicas de produção entre a madeira e os diferentes bens fabricados com ela.²⁴

A princípio, para estimar a demanda da indústria brasileira por madeira, até 2020, partiu-se das taxas médias geométricas de

²³ Como mostrado na Tabela 9, o coeficiente técnico de produção é de 2,80 m³ de madeira para cada m³ de madeira serrada. Essa elevada perda de volume faz com que as serrarias fiquem próximas de sua matéria-prima, justificando a grande concentração destas no norte do país – por causa da abundância de madeira tropical.

²⁴ Um análogo aos coeficientes técnicos insumo-produto da matriz de Leontief.

Tabela 9

Relações Técnicas de Produção

SEGMENTO	UNIDADE DE MEDIDA	FATOR DE CONVERSÃO (M ³ DE MADEIRA EM TORO POR UNIDADE DE PRODUÇÃO INDUSTRIAL)
Celulose Fibra Curta	toneladas	4,56 (ou 2,25 toneladas)
Celulose Fibra Longa	toneladas	4,60 (ou 2,3 toneladas)
Pasta de Alto Rendimento	toneladas	2,66 (ou 1,33 toneladas)
Madeira Serrada	m ³	2,80
Carvão Vegetal	MDC	1,33
Ferro-Gusa ²⁵	toneladas	3,8
Aglomerado	m ³	1,70
Compensado	m ³	2,75
MDF	m ³	2,10
Papel	toneladas	4,6 (ou 2,3 toneladas)

Fonte: Abraf (2008) – Notas metodológicas.

produção dos referidos bens entre 2000 e 2007, extrapolando-as para o futuro. Ademais, foram utilizados os fatores de conversão de madeira em outros bens derivados, conforme constam da Tabela 9. Combinando-se as taxas históricas de crescimento da produção de madeira com os coeficientes técnicos de conversão, estimou-se a demanda até 2020, conforme a Tabela 10.

Em face da crise econômica mundial que se originou nos Estados Unidos, decidiu-se usar, além da estimativa baseada em taxas geométricas históricas de crescimento (supondo que o futuro repetiria o passado), outra mais conservadora, incorporando os efeitos da preconizada recessão mundial no período 2009–2010.

As estimativas de crescimento foram revistas diante da crise econômica mundial prevista para o interregno 2009–2010. Para o Brasil, foram utilizadas as taxas do Banco Central (Bacen) de 1,8%, e para o resto do mundo, as taxas do Fundo Monetário Internacional (FMI), de 0,5 %a.a., levando-se em consideração as respectivas elasticidades-renda dos produtos analisados.²⁶

²⁵ Para obter-se 1 t de ferro-gusa, são necessários 750 kg de carvão. A densidade do carvão varia entre 200 e 300 g/m³.

²⁶ Entende-se que a crise atual não persistirá por período tão prolongado, mas que a recuperação não ocorrerá em saltos, mas progressivamente. Por isso, optou-se por utilizar a média aritmética entre as pífias taxas de 1,8% e 0,5% e as taxas recentes de crescimento, calculadas para o período 2000-2007, para a estimativa de produção dos bens à base de madeira (e a consequente demanda por madeira) nos anos 2011 e 2012.

Tabela 10

Estimativa da Demanda de Madeira, por Segmentos (2010, 2015 e 2020)

PRODUÇÃO	2007	2008	2010	2015	2020
Celulose (em 1.000 Toneladas)	11.998,00	12.840,26	13.046,41	17.374,40	24.391,28
Papel (em 1.000 Toneladas)	8.970,00	9.256,13	9.736,21	11.307,72	13.230,02
Painéis Reconstituídos	4.974,00	5.427,08	5.906,87	8.897,06	13.757,74
Compensado de Pínus	1.980,00	2.072,16	2.181,22	2.647,96	3.324,30
Madeira serrada de Pínus	9.260,00	9.543,10	9.609,74	10.925,44	12.700,82
Ferro-Gusa (Produtores Independentes)	9.628,00	10.322,18	10.510,90	14.281,27	20.227,55
Carvão Vegetal (em MDC)	35.938,00	40.865,10	43.420,93	75.283,54	143.117,69
Demanda de Madeira (em 1.000 m³)					
Madeira para Celulose	54.710,88	58.551,58	59.491,62	79.227,26	111.224,22
Madeira para Papel	20.451,60	21.103,98	22.198,55	25.781,59	30.164,45
Madeira Painéis	10.843,32	11.831,02	12.876,98	19.395,60	29.991,87
Madeira Compensado	5.445,00	5.698,43	5.998,37	7.281,90	9.141,82
Madeira Serrada de Pínus	25.928,00	26.720,68	26.907,26	30.591,24	35.562,30
Madeira para Carvão Vegetal	47.797,54	54.350,58	57.749,83	100.127,11	190.346,53
Total de Madeira ²⁷	144.724,74	157.152,29	163.024,06	236.623,11	376.266,74
Hectares Necessários por Ano, em Mil					
Celulose (em 1.000 ha)	205,68	220,12	223,65	297,85	418,14
Papel (em 1000 Toneladas)	76,89	79,34	83,45	96,92	113,40
Painéis Reconstituídos	40,76	44,48	48,41	72,92	112,75
Compensado de Pínus	18,33	19,19	20,20	24,52	30,78
Madeira Serrada de Pínus	87,30	89,97	90,60	103,00	119,74
Carvão Vegetal	206,92	235,28	250,00	433,45	824,01
Total de Hectares	635,88	688,37	716,31	1.028,66	1.618,82

Fonte: BNDES.

Já para o MDF (*medium density fiberboard*), indústria nascente e em fase inicial do ciclo de vida do produto, optou-se, ainda, por uma redução ligeiramente maior de 3 p.p., supondo reversão na taxa de crescimento no ciclo de vida do produto, ainda novo no mercado.²⁸

²⁷ A somatória não inclui a demanda de madeira para papel, uma vez que a madeira utilizada para a celulose é também, no elo seguinte da cadeia produtiva, utilizada para a fabricação do papel, evitando-se, pois, incorrer em duplicidade.

²⁸ Vale notar que a elevada taxa de crescimento do MDF pode ser afetada pela atual crise mundial. A crise imobiliária norte-americana tenderá a gerar redução em tal taxa, tanto pela queda na construção de novas casas quanto pela diminuição da compra de móveis.

Para atender à produção de celulose e papel nos anos de 2015 (18,2 milhões de toneladas de celulose e 11,3 milhões de toneladas de papel) e 2020 (25,5 milhões de toneladas de celulose e 13,2 milhões de toneladas de papel), serão necessários 79,2 milhões de m³ de madeira para celulose e papel, em 2015, e 111,2 milhões de m³, em 2020. Note-se que parte da celulose produzida é exportada e parte utilizada apenas com a finalidade de produzir papel. Dessa forma, se incorreria em duplicidade na contagem ao somar a madeira utilizada para celulose com aquela usada para o papel.

Volume de Madeira e Área Plantada para Celulose

Para atender a essa demanda de madeira para celulose, devem estar disponíveis 408 mil hectares/ano, em 2015, e 550 mil hectares plantados em 2020, prontos para serem anualmente desbastados. Em 2006, o setor de papel e celulose detinha 1,7 milhão de hectares de florestas, suficientes para produção sustentável por mais de 8 anos, nos níveis de 2007.

O volume de madeira e a área plantada com eucaliptos para que a demanda de ferro-gusa seja atendida sem a degradação do meio ambiente se destacam (190,3 milhões de m³ por ano) em 2020.

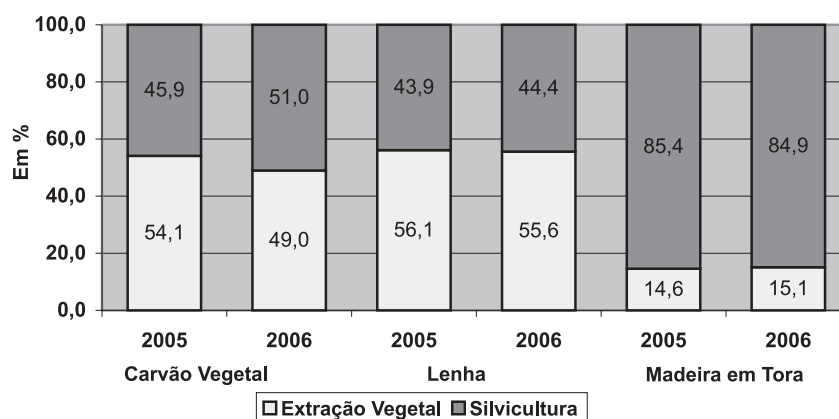
Volume de Madeira e Área Plantada para Carvão Vegetal

Em seu planejamento estratégico de 2008, o BNDES prevê a duplicação da capacidade produtiva da indústria siderúrgica nacional, ou seja, 35 milhões de toneladas/ano de aços planos, adicionais, até 2020. Se a proporção entre produtores independentes e produtores integrados for mantida, isso significaria expansão de 9,6 milhões de toneladas adicionais de ferro-gusa – muito perto dos valores estimados acima.

Em 2007, para produzir 9,6 milhões de toneladas de gusa, foram utilizados 35 milhões de metros de carvão (MDC), equivalentes a 7,2 milhões de toneladas, oriundos de florestas plantadas e nativas.

Como é possível observar no Gráfico 8 (contendo os dados do IBGE), a proporção de carvão vegetal oriundo de floresta plantada em relação à quantidade de carvão oriunda do extrativismo tem se elevado.

Gráfico 8
Distribuição Percentual da Produção de Carvão Vegetal



Fonte: IBGE.

Os dados do IBGE, entretanto, não condizem com os cálculos feitos por este estudo, segundo os quais a quantidade de carvão vegetal de floresta plantada é um terço do total utilizado para fabricação de carvão vegetal para siderurgia, enquanto dois terços seriam de florestas nativas. O cálculo é simples: para cada tonelada de gusa, são necessários 750 kg de carvão vegetal. Uma vez que o Brasil tem cerca de 9,6 milhões de toneladas de ferro-gusa, só para atender à demanda de carvão para esse fim, seriam necessários 7,2 milhões de toneladas de carvão. Os números oficiais do IBGE afirmam que, em 2006, o Brasil produziu aproximadamente 5,1 milhões de toneladas de carvão vegetal, sendo 2,5 milhões de toneladas de extrativismo e 2,5 milhões de silviculturas. Questiona-se: de onde vêm as outras 2,2 milhões de toneladas?

Para atender à produção prevista de ferro-gusa em 2010, 2015 e 2020, serão necessários cerca de 8,7 milhões, 12,2 milhões e 17,1 milhões de toneladas de carvão vegetal, respectivamente.

Seriam necessários desbastes anuais de 250 mil hectares, em 2010, 433 mil hectares, em 2015, e 824 mil hectares, em 2020, para que a indústria produtora de ferro-gusa utilizasse 100% de florestas plantadas e uma área total plantada correspondente a 2,5 milhões de hectares, 4,3 milhões de hectares e 8,2 milhões de hectares, respectivamente.

Ademais, a crescente demanda da China (que passou de exportadora a importadora de coque) e seu *efeito repercussão* sobre a produção brasileira têm causado elevação das importações brasileiras de carvão mineral da Venezuela. Isso porque não há disponibilidade de madeira plantada para atender à elevação da produção de carvão vegetal para siderurgia e a obtenção de madei-

ra nativa torna-se cada vez mais restrita, com o desenvolvimento da legislação ambiental e das instituições fiscalizadoras do Estado.

Para atender à produção esperada de painéis reconstituídos nos anos de 2015 (8,9 milhões de m³) e 2020 (13,8 milhões de m³), será preciso produzir, respectivamente, 19,4 milhões e 30 milhões de m³ de madeira. Serão necessários 72,9 milhões e 112,8 milhões de hectares/ano para atender à demanda de madeira acima mencionada nos anos de 2015 e 2020, respectivamente.

Volume de Madeira e Área Plantada para Painéis, Compensados e Serrado de Pínus²⁹

Para atender à produção esperada de compensado de pínus nos anos de 2015 (2,7 milhões de m³) e 2020 (3,3 milhões de m³), é primordial que se produzam, respectivamente, 7,3 milhões e 9,1 milhões de m³ de madeira para preparação de compensado. Serão necessários 24,5 milhões e 30,8 milhões de hectares/ano para atender à demanda de madeira acima mencionada nos anos de 2015 e 2020, respectivamente.

Para atender à produção esperada de madeira serrada de pínus nos anos de 2015 (10,9 milhões de m³) e 2020 (12,7 milhões de m³), serão necessários, respectivamente, 30,6 milhões e 35,6 milhões de m³ de madeira serrada de pínus, e 103 milhões e 119,7 milhões de hectares/ano para atender à demanda de madeira acima mencionada nos anos de 2015 e 2020, respectivamente.

É imprescindível ressaltar que grande parte da madeira serrada no Brasil é oriunda de matas tropicais, encontrando-se na Amazônia.

As projeções relacionadas com a demanda futura de madeira permitem concluir que:

1. A demanda no ano 2020 será 160% superior à observada em 2007, envolvendo, pois, a necessidade de aumento das áreas plantadas, melhoria no manejo, maior retenção de CO₂ e efeitos positivos sobre o meio ambiente.

2. Oportunidade para desenvolvimento de novos programas de reflorestamento, com utilização dos APLs identificados; e aproveitamento para emissão de Reduções Certificadas de Emissões (RCEs) de CO₂.

²⁹ De acordo com a Sociedade Brasileira de Silvicultura, a produção brasileira de madeira sólida utiliza matéria-prima das florestas nativas da Amazônia (madeira serrada, compensados, laminados).

3. A expansão da base deverá obedecer às determinações do Zoneamento Ecológico Econômico.

A análise de demanda de madeira no Brasil mostra plena suficiência de matas nativas para o desenvolvimento das atividades produtivas, ainda que a legalidade das extrações seja duvidosa, como mostram a discrepância entre os cálculos deste estudo e os dados oficiais divulgados pelo IBGE.

As indústrias de papel, celulose, painéis de madeira e serrados de pinus mostram-se autossuficientes no tocante às suas necessidades de matérias-primas. Tais indústrias planejam suas demandas futuras de madeira e desenvolvem grandes fazendas de florestas, contando com o apoio do setor público (do BNDES, em particular), que fornece prazos e carências compatíveis com o tempo de maturação dos investimentos.

A indústria de ferro-gusa, por seu turno, utiliza certo nível de madeiras nativas (ainda não determinado com precisão), assim como a indústria de serrados de madeira tropical, sendo os únicos mercados onde a expansão racional da oferta é questão estratégica, pois envolve a redução da degradação de um bem público nacional, com externalidades negativas para a economia e a sociedade como um todo, ao afetar diretamente o meio ambiente.

Oferta e Demanda de Madeira no Brasil: Equilíbrio e Dinâmica

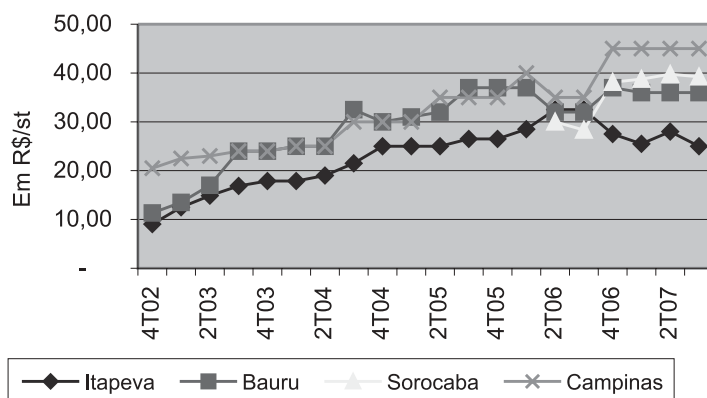
De acordo com Morais-Filho e Rodriguez (2004), o preço de venda da madeira de eucalipto é determinado pelas indústrias de celulose e chapas, sendo que a madeira para pontaletes e carvão também segue essa tendência.

A evolução do preço da madeira no maior mercado consumidor do país, São Paulo, pode ser vista no Gráfico 9, extraído da Tabela 11.

A tendência de elevação nominal é clara e induziria a hipótese de excesso de demanda sobre a oferta. O simples deflacionar da série não capta a variação dos preços relativos, mostrando apenas que o preço da madeira aumentou assim como o dos demais componentes de custo da construção civil. Nesse caso, importa a variação no preço relativo da madeira diante do preço médio de produtos similares, como os da construção civil.

Gráfico 9

Evolução Recente do Preço do Estéreo de Lenha Cortada, na Região de São Paulo



Fonte: Remade (Revista da Madeira).

O preço médio da madeira para lenha (em pé)³⁰ observado entre 2003 e 2007 foi de R\$15,79/mst,³¹ com desvio-padrão de R\$ 5,50/mst. Em Bauru e Sorocaba, o preço da madeira é quase o dobro dessa média. Durante esse período, experimentou elevações nominais de 20,89% a.a., alcançando, em 2007, R\$ 22,27/mst. Em termos reais, deflacionado pelo ICC (Índice de Custo da Construção), a variação real é praticamente nula.

O preço da madeira para celulose flutuou ao redor de R\$ 21,49/mst, com desvio-padrão de R\$ 11,54/mst. Os maiores preços são praticados em Sorocaba. Entre 2003 e 2007, o preço desse tipo de madeira aumentou, em termos nominais, 15,73% a.a.

Já o preço de madeira para lenha cortada e empilhada foi, em média, de R\$ 26,43/mst, com desvio-padrão de R\$ 8,88/mst. Esse tipo de madeira apresentou a maior taxa de crescimento, 21,85% a.a.

³⁰ Não computado nem o custo de desbaste nem o frete.

³¹ Metro estéreo corresponde a um metro cúbico de madeira, sem contar o vão entre elas. É, portanto, de fato, um volume pouco menor que o m³.

Tabela 11

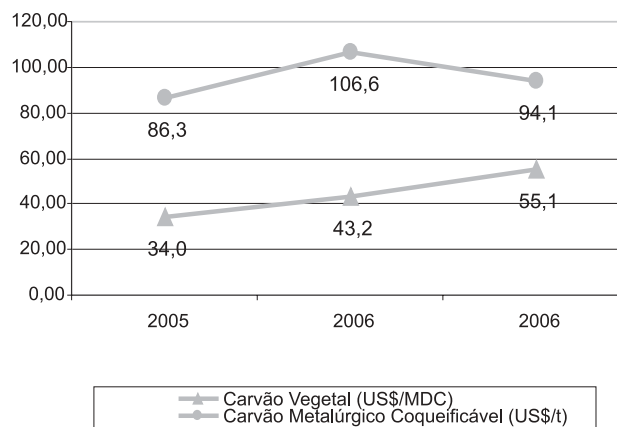
Preços da Madeira de Eucalipto na Região Metropolitana de São Paulo

MODALIDADE	2002	2003	2004	2005	2006	2007	(% a.a.)
Lenha em Pé (Média)	8,17	10,50	14,33	19,25	29,08	29,70	29,46
Bauru	7,50	11,50	19,50	29,00	32,00	27,00	29,20
Sorocaba	-	-	-	-	20,25	27,09	33,76
Campinas	17,00	20,00	23,50	28,75	35,00	35,00	15,54
Celulose em Pé (Média)	16,00	10,13	13,50		34,61	33,22	15,73
Bauru	16,00					-	-
Itapeva		10,13	13,50	-	-	-	-
Sorocaba	-				34,61	33,22	-
Lenha Cortada e Empilhada (Média)	13,63	19,51	25,49	31,25	33,91	36,60	21,85
Itapeva	9,05	15,53	20,85	25,75	30,25	26,17	23,66
Bauru	11,33	19,63	28,13	34,25	34,50	36,00	26,01
Sorocaba					32,15	39,24	22,05
Campinas	20,50	23,38	27,50	33,75	38,75	45,00	17,03

Fonte: *Remade (Revista da Madeira)*.

O preço médio do carvão vegetal também apresentou tendência de alta, enquanto o preço do carvão mineral (coque), em grande medida importado, foi influenciado pela valorização do real – recentemente revertida com a deflagração, em outubro de 2008, da crise financeira mundial.

Gráfico 10

Evolução do Preço do Carvão Vegetal e Mineral (2005–2007)

Fonte: *Abraf (2007)*.

O preço nominal da madeira vem subindo, mas não substancialmente, mais que a inflação, em geral. Enquanto as indústrias de celulose e papel apresentam balanço equilibrado de madeira (de fato, o setor tem entre seis e oito anos de autonomia), a indústria de siderurgia a carvão vegetal, ainda que apresente um excesso de demanda, pode supri-lo com a utilização do extrativismo de matas nativas, não influenciando, assim, o preço relativo da madeira. O desenvolvimento de legislações ambientais mais rigorosas, tanto nacionais como internacionais, tenderá a fazer do uso de matas nativas algo cada vez mais difícil.

Assim sendo, não é possível inferir que exista, como alardeado em outras épocas, excesso de demanda por madeira industrial no país. No mercado legal, em que o preço relativo da madeira não se alterou, quando comparado com seus substitutos próximos, a inexistência de um desequilíbrio parcial é óbvia.

A elevação do desmatamento da Amazônia, por outro lado, sinaliza a existência de um excesso de demanda por madeiras serradas tropicais e por madeiras para carvão vegetal, utilizadas no polo de Carajás. A ilegalidade de certas atividades não permite análise do preço desses bens. A expectativa futura de um maior rigor na legislação parece estar gerando antecipação, por parte dos agentes econômicos, de um futuro em que será mais difícil obter matérias-primas a custo quase nulo – custo de extração.

Por fim, os níveis de preços apresentados, com médias de R\$ 30,69/mst, viabilizam investimentos independentes de florestas energéticas e para outros fins, como mostrado na próxima seção.

As questões relacionadas à terra levam sempre às análises “ricardianas”³² do uso da terra. Na teoria de formação de preço de Ricardo, a utilização de terras férteis tenderia a se expandir até terras menos férteis, denominadas por ele “terras marginais”. As terras marginais, por serem menos produtivas, para tornarem-se rentáveis, requereriam maiores preços para seus produtos. Dessa forma, o preço era determinado pelo produtor marginal (hoje em dia, de acordo com a teoria marginalista, pelo produtor de maior custo variável médio) e as terras férteis ficavam como uma sobrerrenda ou o que ficou conhecido como o conceito de “lucro ricardiano”.

A floresta é o que se denomina, em teoria microeconômica, uma *firma multiprodutora*. Dela, como visto, é possível extrair

Florestas Independentes no Brasil

³² David Ricardo.

diversos produtos – lenha, toras, carvão vegetal, celulose e papel e produtos não-madeireiros.

Não se devem confundir as “florestas independentes” com produtores fomentados e arrendados. Estes últimos têm estreito relacionamento com grandes empresas de celulose, consubstanciado em contratos de longo prazo, recebendo mudas geneticamente clonadas, assistência etc.³³

Já os produtores independentes apresentam-se como empresas (*capital venture*) interessadas na multiplicidade do uso do eucalipto, contando até com a possibilidade de emitir créditos de carbono ou produzir etanol ou termoelectricidade de biomassa.

Extensão e Localização Geográfica de Pequenos Produtores de Eucalipto no Brasil

De acordo com a SBS, cerca de 500 mil hectares, dos 3,4 milhões plantados com eucaliptos no país, estão nas mãos de companhias independentes.

Segundo Moraes-Filho e Rodriguez (2004), seis municípios brasileiros no estado de São Paulo (Salesópolis, Paraibuna, Mogi das Cruzes, Guararema, Biritiba Mirim e Santa Branca) formam a região do Alto Tietê e têm a maior concentração de pequenos e médios produtores de eucaliptos no Brasil. Mais de 1.500 produtores de madeira para a indústria de celulose, carvão e construção dividem uma área de 30.000 hectares, com propriedades variando de 1 a 500 hectares – que se confundem entre arrendados, fomentados e produtores independentes.³⁴

Recentemente, um crescente número de empresas decidiu investir em terras e no plantio de eucalipto para abastecer as indústrias à base de madeira. A iniciativa tem duas razões principais: a competitividade (natural e adquirida) que o Brasil possui (oriunda de suas condições edafoclimáticas³⁵ e do conhecimento acumulado em biogenética e técnicas de clonagem em larga escala); e crescentes preocupações ambientais que tenderão a restringir o uso irrestrito de madeira nativa.

Entre as novas empresas interessadas nesse tipo de investimento, estão as seguintes: Brazil Timber (constituída em 2004),

³³ Do ponto de vista empresarial, é interessante o programa de fomento, uma vez que quem incorre no custo da terra é o fomentado e não a empresa integrada.

³⁴ O eucalipto foi introduzido na região na década de 1960, depois de longo período de utilização da pecuária leiteira e de extração primitiva de madeira de mata atlântica.

³⁵ Relativas ao clima e à terra.

Union Agro,³⁶ Florestal (aguarda registro na CVM), Global Forest Partners (GFP)³⁷ e AFG. A expectativa de elevação da demanda dos setores que utilizam madeira (consequentemente, do preço da madeira), como explicitado nos Tópicos 2 e 3, tem sido o principal atrativo para os pequenos produtores. Além disto, uma legislação ambiental mais rigorosa elevará a demanda por madeiras “ecologicamente certificadas”.

Figura 5

Mapa do Alto Tietê



Fonte: <http://www.comiteat.sp.gov.br/MReg6.htm>.

Técnicas de otimização do uso das florestas são bastante discutidas na literatura, sendo a variável “idade de corte” fundamental na maximização dos lucros da atividade silvicultural [Rodriguez e Bueno (1997)].

Economia Florestal

A aplicação de técnicas de otimização dinâmica na solução da maximização dos lucros da floresta pode ser muito interessante, como no simples modelo que se desenvolve a seguir:

$$\text{Max IMA} = V/t$$

(1) Condição de primeira ordem³⁸

³⁶ Constituiu uma companhia denominada Union Geração Terra com esse propósito específico.

³⁷ No fim de 2007, o fundo elevou a área detida para 75 mil hectares, após comprar fazendas da Vale do Rio Doce, na Bahia, numa transação de R\$ 51 milhões.

³⁸ A produtividade marginal decrescente da floresta garante a satisfação das condições de segunda ordem, ou seja, a concavidade da curva de produção da floresta.

$$dIMA/dt = 0 \Rightarrow (V't - t)/t^2 = 0$$

$$\Rightarrow V' = V/t = > ICA = IMA$$

$$V'/V = 1/t$$

Ou seja, a condição de primeira ordem para a maximização do volume de madeira produzido pela floresta requer que o corte seja feito no momento t , em que o IMA iguala-se ao ICA. Ou, ainda, que o IMA será máximo quando a taxa relativa de crescimento for igual ao inverso da idade da floresta. De forma geral, para o eucalipto, a idade ótima de corte situa-se entre seis e sete anos.³⁹

O valor econômico de uma floresta (ou a taxa interna de retorno de projetos florestais) é analisado em seguida, por meio de alguns estudos de caso em que se discute, ainda, o preço médio necessário para que o plantio de eucalipto seja uma atividade rentável. Para tanto, faz-se referência às estruturas de custos e receitas de diferentes projetos florestais desenvolvidos e avaliados, em teses de mestrado e doutorado em finanças e/ou engenharia florestal.

Estudos realizados no sul do país apontam que, a despeito do elevado custo inicial dos projetos, as florestas de eucalipto podem produzir taxas internas de retorno próximas de 21,8% ao ano, para povoamentos com produtividade média ao redor de 35 m³/ha/ano [Rodigheri (2001)].

Critérios de Avaliação Econômica de Florestas Plantadas (VPL, VAE, VET, TIR, Razão Benefício/Custo)

Inúmeras análises econômico-financeiras de projetos florestais têm sido desenvolvidas, a maioria delas utilizando conhecidos critérios de avaliação de projetos de investimento, tais como: valor presente líquido (VPL), valor anual equivalente (VAE), valor esperado da terra (VET), taxa interna de retorno (TIR), razão benefício/custo (B/C) e custo médio de produção (CMP) [Silva e Fontes (2005)].

Todos esses indicadores levam em conta a variação do capital no tempo, mas cada um aponta distintos aspectos relacionados aos projetos. A aplicação de critérios de análise econômica na área florestal é fundamental para decidir o melhor projeto e/ou alternativa de manejo a ser implantado/adotada.⁴⁰

³⁹ A literatura apresenta a seguinte curva "típica" de crescimento volumétrico para um plantio de eucalipto no Brasil: $V = 751,336 e^{-6,0777/t}$. A curva possui derivada segunda negativa, sendo, portanto, côncava, de acordo com o princípio ricardiano da produtividade marginal decrescente do uso da terra [ver Modelo Log-recíproco de Schumacher (1939)].

⁴⁰ Como será visto nos estudos de caso, a forma de manejo (tempo de rotação dos plantios, espaçamento entre as árvores, adubação, entre outros fatores) afeta substancialmente os indicadores econômico-financeiros dos projetos florestais.

De modo geral, um projeto de silvicultura de eucalipto apresenta as seguintes rubricas de custos:

Um Exemplo

1) *Implantação*: preparo do solo, combate às pragas, controle de ervas competidoras, plantio, adubação, aquisição (ou criação) de mudas e mão-de-obra.

2) *Manutenção*: limpeza da área, desbastes, monitoramento e inventário florestal e prevenção de incêndios.

3) *Custo da terra*: arrendamento ou custo de oportunidade (no caso de a floresta ser de propriedade do silvicultor).

Os custos acima são denominados “comuns” por estarem presentes em toda e qualquer atividade silvicultural – independentemente da finalidade da floresta.⁴¹ Antes de entrar nos estudos de casos reais, apresenta-se um exemplo, de modo didático, na Tabela 12. Os indicadores econômicos para esse exemplo podem ser vistos na Tabela 13.

Tabela 12

Projeto de Investimento em Reflorestamento com Eucalipto

ITENS	ANO DE OCORRÊNCIA	VALOR (Em US\$/ha)
Custo de Implantação	0	650,00
Custo de Tratos Culturais	1	120,00
Custo de Tratos Culturais	2	90,00
Custo Anual*	1-7	80,00
Valor da Terra	-	400,00
Colheita	7	3,00/m ³
Produção (Único Corte)	7	250 m ³ /ano
Preço da Madeira	7	18,00/m ³
Taxas de Juros	-	10% a.a

Fonte: *Silva e Fontes (2005)*.

* Gastos com combate à formiga, manutenção e administração.

⁴¹ Se a madeira for vendida no pátio da empresa consumidora, deve-se adicionar, por exemplo, o custo de transporte e colheita.

Tabela 13

Indicadores Econômico-Financeiros

CRITÉRIO	FÓRMULA	FÓRMULA ALTERNATIVA	VALOR (Em R\$/ha)
VPL	$\sum R_t(1+i)^{-t} - \sum C_t(1+i)^{-t}$		506,66
VAE	$\frac{VPL * i}{1 - (1+i)^{-n}}$	$VPL \infty * i$	104,07
VPL ∞	$\frac{VPL(1+i)^t}{(1+i)^t - 1}$		1040,71
VET	$\frac{V_0 RL(1+i)^t}{(1+i)^t - 1}$	$VPL \infty + VT$	1440,71

Fonte: Silva e Fontes (2005).

Estudos de Caso: Rentabilidade de Florestas de Eucalipto no Brasil

A seguir, são avaliados alguns estudos de viabilidade econômica de florestas de eucalipto localizadas em diversas regiões do Brasil, sob diferentes regimes de manejo e em consórcio ou não com culturas distintas. O objetivo central é estabelecer parâmetros (custos e benefícios) para análise futura de projetos de investimentos em florestas independentes submetidos à análise do BNDES, bem como determinar sob quais condições um projeto de investimento em floresta de eucalipto pode ser economicamente viável.⁴²

Estudo de Caso 1 (madeira para celulose e papel):
*“Plantações de eucalipto: Análise do fluxo de caixa de pequenos produtores do Alto Tietê, no estado de São Paulo, Brasil”*⁴³

O intuito do estudo foi determinar a “*idade economicamente ótima*” de corte do eucalipto. Optou-se por determiná-la a partir do método de maximização do VET. A análise econômica considerou a avaliação de todos os fluxos de caixa possíveis, dadas as possibilidades obteníveis a partir de combinação de: 1) rotações, variando de 1 a 3; e (2) idades de corte, variando de 5 a 7 anos, num total de 39 diferentes alternativas de manejo.

⁴² Vale notar que, em todos os estudos de caso, existe uma modelagem subjacente não explicitada no presente texto (hipóteses sobre condições climáticas, tipo de solo, espécie cultivada, relações dendrométricas), de modo que apenas os resultados serão apresentados e não as condições específicas de cada experimento. Apenas os parâmetros fundamentais de análise econômica (custos, preços, tempo do investimento, produtividade da floresta e taxa de desconto) serão explicitados caso a caso. Para detalhes da peculiaridade de cada sistema silvicultural modelado e avaliado, é necessária a consulta às fontes primárias citadas.

⁴³ Ver Moraes-Filho e Rodriguez (2004).

A estrutura de custos e receitas pode ser visualizada na Tabela 1 e o fluxo de caixa associada ao manejo com três rotações em idade de corte de cinco anos, na Tabela 4 do próprio estudo de Moraes-Filho e Rodriguez (2004).

Os 25 produtores entrevistados possuem área plantada com florestas de eucalipto no total de 1.165 hectares, distribuídos em diferentes municípios da região. De acordo com Moraes-Filho e Rodriguez (2004), 64,9% dos produtores daquela região cortam suas florestas com cinco anos na primeira rotação, 32,4%, com seis anos, e apenas 2,7% são cortadas com sete anos.⁴⁴

Com base nos cálculos do VET, os autores concluem que, para terras de baixa produtividade, o maior VET é dado com ciclos com três rotações, sendo as duas primeiras com sete anos e a terceira, com seis, enquanto para terras de alta produtividade, o maior VET é obtido com duas rotações de sete anos.

Argumentam, por fim, que a necessidade de recursos de curto prazo tem forçado os produtores da região a adotarem ciclos de rotação mais curtos que os economicamente ótimos, levando a condições subótimas de produção, inviabilizando a sustentabilidade dos negócios naquela área.

Estudo de Caso 2 (madeira para energia e serraria):
*“Avaliação econômica de um povoamento Eucalyptus grandis destinado a multiprodutos”*⁴⁵

Soares et al. (2003) argumenta que a multiplicidade de usos para a madeira de eucalipto permite que as empresas florestais direcionem seus recursos para o fornecimento de multiprodutos. Um maior *portfolio* de produtos mitiga riscos de mercado associados às oscilações de preço de um produto específico, fornecendo flexibilidade ao negócio. Seu estudo, ora em síntese, compara a rentabilidade e o risco de prejuízos de uma plantação voltada ao fornecimento de um único produto *vis-à-vis* um empreendimento florestal voltado à multiprodução.⁴⁶

Definiu-se o **projeto A** como sendo aquele cuja produção florestal seria voltada a um único produto, madeira para geração de energia (2) e um **projeto B** com madeira para dois produtos: ener-

⁴⁴ Foi considerada curva de crescimento com decréscimo de produtividade de 13,35% da primeira para a segunda rotação e de 29,92% da segunda para a terceira rotação.

⁴⁵ Ver Soares (2003).

⁴⁶ Material e métodos: Inventário florestal realizado em povoamento de Eucalyptus grandis Whill ex Maiden, com sete anos de idade, em espaçamento 3 X 2 m, localizado ao sul de Minas Gerais.

gia (2) e serraria (1). Foram feitas estimativas de produtividade, de acordo com a Tabela 14.⁴⁷

Tabela 14

Produção Volumétrica dos Projetos A e B

PROJETO	ALTERNATIVAS DE MERCADO	VOLUME COMERCIAL (M³ / HA)
A	2	231,74
	1	178,49
B	2	53,25

Fonte: Soares et al. (2003).

Para permitir a análise econômica, foram levantados os custos de produção dos **projetos A e B**, conforme Tabela 15, considerando o preço do hectare da terra a US\$ 450,00 e com o transporte de madeira de responsabilidade do comprador.

Os preços da madeira utilizados na análise foram de US\$ 13,2/m³ para o produto (1) e de US\$ 5,78/m³ para o produto (2), compatíveis com valores descritos no Tópico 3.

Tabela 15

VPL, TIR, BPE, B/C dos projetos A e B para Taxas de Desconto de 10% a.a.

PROJETO	VPL (US\$/HA)	TIR (%)	BPE (US\$/HA)	B/C
A	-502,41	-10,31	-103,2	0,58
B	117,46	12,77	24,19	1,09

Fonte: Soares et al. (2003).

Um projeto é viável economicamente se $VPL > 0$, $TIR > TMA$ (taxa mínima de atratividade), $BPE > 0$, $B/C > 1$ e $VET > \text{custo da terra}$. Dessa forma, com os dados dos métodos das Tabelas 2, 3 e 4 (do próprio estudo), o projeto A é apresentado como inviável e o projeto B como viável em termos econômicos, por causa da maior valorização de madeira para multiprodutos (serraria + energia).

⁴⁷ Benefício periódico equivalente ou valor anual equivalente (VAE).

Estudo de Caso 3 (madeira para carvão vegetal): “Rentabilidade econômica e risco na produção de carvão vegetal”⁴⁸

O objetivo do estudo foi aplicar o modelo de Monte Carlo, com a utilização do *software @risk*, no intuito de determinar não apenas a rentabilidade do investimento em floresta de eucalipto para produção de carvão vegetal, mas também a variabilidade do retorno esperado, em função das oscilações observadas no preço do carvão vegetal.

O estudo conclui que os investimentos são economicamente viáveis e que o risco de um VPL negativo é da ordem de 12%.⁴⁹ Os dados que originaram tais conclusões estão na Tabela 1, do próprio estudo de Castro (2007).

Os resultados encontrados foram todos positivos: VPL (R\$ 1.814,10/ha), equivalente ao lucro anual VAE (R\$ 191,66/ha), TIR (11,95% a.a), B/C (13%), CMP⁵⁰ (R\$ 79,35/ha) – abaixo do preço do carvão – e VET (R\$ 3.883,64/ha).

Na análise de sensibilidade (efeito de variações nas variáveis *input* selecionadas sobre as variáveis *output*), verificou-se que elevações de 10% no preço do carvão acarretariam variações de 8,77% no VPL e que variações de 10% nos custos acarretariam variações de 3,80% no VPL. A chance de VPL negativo foi estabelecida em 30% dos casos – quando há combinação de preços deprimidos e custos em elevação.

Estudo de Caso 4 (um caso de subsídio): “Análise econômica de fomento florestal com eucalipto no estado de Minas Gerais”⁵¹

O objetivo do estudo foi levantar os custos e receitas da produção de madeira do programa de fomento Asiflor-IEF para verificar sua viabilidade econômica.

O programa abrange 800 produtores fomentados no estado de Minas Gerais.⁵² Para tanto, foram consideradas três possibilidades de venda da produção florestal: 1) venda da madeira em pé;

⁴⁸ Ver Castro et al. (2007).

⁴⁹ Para análise de risco, foi utilizada a distribuição de probabilidade “triangular”. Os parâmetros considerados aleatórios ou sujeitos a variações inesperadas foram os seguintes: preço do carvão vegetal, produtividade da floresta, custo de implementação, custo de carvoamento/transporte do carvão.

⁵⁰ Custo médio de produção.

⁵¹ Ver Rezende et al. (2006).

⁵² Vale notar que a heterogeneidade do tamanho das propriedades analisadas bem como a das condições edafoclimáticas influenciam sobremaneira as estruturas de custos e receitas de cada projeto.

TABELA 16

Dados Utilizados com Base em um Diagnóstico de Viabilidade Técnica e Econômica de Empresas Produtoras de Carvão Vegetal na Região de Minas Gerais

ITENS	VALORES
Taxa de Desconto (% ao Ano)	8,75
Terra (R\$/ha)	
Valor da Terra	2.000,00
Valor da Terra de Efetivo Plantio	2.500,00
Percentual de Reserva Legal/Outros	20,00
Custo Anual da Terra	218,75
Custos Silviculturais (R\$/ha)	
Custo de Implantação	1.800,00
Custo de Implantação 1º Ano	275,00
Custo de Implantação 2º Ano	260,00
Custo de Implantação 3º Ano	25,00
Custo de manutenção (demais anos)	25,00
Custos de Colheita/Transporte/Carvoejamento (R\$/mdc)	
Roçada Pré-Corte	0,62
Corte e Emadeiramento Lenha	8,76
Transporte, Carga e Descarga Manual Lenha	7,35
Carvoejamento	7,23
Carregamento do Carvão	2,20
Frete	20,00
Amortização da Infraestrutura	4,53
Produção	
Produtividade Florestal (st/ha/ano)	45,00
Redução de Produção da Colheita (%)	10,00
Conversão Lenha/Carvão (st/mdc)	1,80
Produção de Carvão Vegetal e cada Colheita (mdc/ha)	
Primeira Colheita (st/ha)	175,00
Segunda Colheita (st/ha)	158,00
Terceira Colheita (st/ha)	142,00
Preço do Carvão na Usina (R\$/mdc)	90,00

Fonte: *Silva et al. (2005)*.

2) venda de lenha no pátio da empresa consumidora; e 3) venda de carvão para siderurgia.⁵³

O estudo conclui:

A venda de madeira em pé se mostrou economicamente viável para qualquer simulação e exigindo o maior subsídio, o custo da lenha colocada no pátio foi altamente influenciado pelo custo de transporte e a viabilidade da produção de carvão foi altamente influenciada pelo preço da madeira, portanto, também, pela distância e pela produtividade [Rezende et al. (2006)].

A estrutura de custos foi definida de acordo com a Tabela 1 [Rezende et al. (2006)].

De acordo com os autores, em Minas Gerais, a maior parte da madeira é vendida para fins energéticos, e o preço do carvão depende da demanda internacional por ferro-gusa.

Em 2005, o preço do carvão oscilou entre R\$ 60,00 e R\$ 120,00 por MDC, enquanto o preço da madeira em pé para produção de celulose, segundo o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea), oscilou, na região de São Paulo, entre R\$ 25,00 e R\$ 70,00. Já em Minas Gerais, o preço da madeira em pé vendida por produtores autônomos, em 2006, oscilava ao redor de R\$ 20,00 por metro estéreo (mst).⁵⁴

Os fluxos de caixa associados a cada atividade podem ser vistos nas Tabelas 3 e 4, no estudo de Rezende (2006), e os indicadores financeiros, na Tabela 17 deste artigo.

Tabela 17

VPL (R\$/ha) e TIR (%) Esperados para cada Finalidade de Produção com Valores Médios de Custo, Preço e Produtividade

INDICADOR ECONÔMICO	FINALIDADE DA PRODUÇÃO		
	Em Pé	Lenha no Pátio	Carvão
VPL (R\$/ha)	2.016,15	1.724,24	1.823,49
TIR (%)	23	22	22

Fonte: Rezende et al. (2006).

⁵³ A produtividade da floresta foi suposta como 250 mst/ha, que, utilizando a taxa de conversão sugerida por Brito (1990) de 2:1, significa uma produtividade de 112,5 mdc/ha. A taxa de “desconto” foi de 8,75% a.a. – usada pelo Propflora. A distância de transporte utilizada foi de 200 km entre a floresta e o centro consumidor. Os preços utilizados foram os seguintes: lenha em pé (R\$ 30,00/mst – R\$ 40,00/mst), carvão (R\$ 60,00/mst – R\$ 100,00/mst). A rotação considerada foi de sete anos, com perda de produtividade de 10% entre a primeira e a segunda.

⁵⁴ Um metro estéreo corresponde a um metro cúbico de madeira disforme empilhada, incluindo os vãos existentes entre as toras.

A simulação de cenários de preços e custos, ambos variando 10% para cima e para baixo, conclui:

1) Efeito Produtividade:

“Com uma produtividade 20% inferior, a madeira em pé apresentou um retorno líquido 26,84% maior que a madeira vendida no pátio e 16,88% maior que a madeira para carvão vegetal, enquanto, para uma produtividade 20% maior, esse quadro se atenua e a renda líquida da madeira em pé é apenas 13,25% maior que a lenha no pátio e 8,13% maior que a madeira para carvão”;

2) Efeito Preço:

“Com o efeito da variação superior e inferior de 10% (R\$ 2,00) do valor da lenha em pé comparando-se às variações de preço de 14,285% (R\$ 5,00) da lenha vendida no pátio e de 25% (R\$ 20,00) da variação de limites de amplitude de preço do carvão, observou-se que, para o preço mínimo dos produtos, a lenha vendida em pé representa um retorno 134,57% maior se comparado à venda de lenha no pátio e de 511,38% a mais do que para a venda de carvão.”

Estudo de Caso 5 (madeira para móveis): “Rentabilidade econômica do eucalipto conduzido para produção de madeira serrada no norte do estado do Paraná”⁵⁵

O estudo analisa a viabilidade econômica do plantio de eucalipto em consórcio com diferentes cultivos.

Os autores concluíram que a rentabilidade do eucalipto aumenta em consórcio com milho e feijão. Os valores do TIR e do VPL passaram, respectivamente, de 27,23% a.a. e R\$ 9.797,11 (eucalipto solteiro) para 40,78% a.a. e R\$ 10.219,23 (eucalipto com iscas e mudas intercalado com feijão e milho).

Estudo de Caso 6 (créditos de carbono): “Sequestro de carbono e a viabilização de novos reflorestamentos no Brasil”⁵⁶

O estudo analisa a importância do comércio de carbono na implantação de florestas de pinus, considerando três diferentes regimes de manejo: o regime 1, com manejo para serraria com desbastes e cortes rasos aos 20 anos; o regime 2, manejo para serraria, com dois desbastes e corte raso aos 20 anos; e o regime

⁵⁵ Ver Rodigheri (2002).

⁵⁶ Ver Renner (2004).

3, manejo para celulose, com corte raso aos 14 anos. Para todos os regimes, a área de plantio corresponde a 1.600 árvores/ha.

Tabela 18

Indicadores Econômicos do Cultivo de Feijão + Milho e Eucalipto Solteiro com e sem o Custo das Mudanças e Iscas, Eucalipto com Plantio de Feijão e Milho no Primeiro Ano

ALTERNATIVAS DE PRODUÇÃO	TIR (% a.a.)	VPL (R\$/ha)	VEA (R\$/ha/ano)
Eucalipto Solteiro	27,23	9.797,11	623,10
Eucalipto com Feijão + Milho no 1º Ano	30,39	9.963,30	633,67
Eucalipto (Isca e Mudanças)	33,02	10.053,03	639,37
Eucalipto (Isca e Mudanças) + Feijão e Milho	40,78	10.219,23	649,94
Feijão + Milho (Solteiros)	10,66	3.246,81	206,50

Fonte: Rodigheri (2002).

De acordo com Renner (2004), os outros custos que incorrem na implantação de florestas de pinus são de manutenção, num total de R\$/ha 263,73 e custo de colheita total R\$/m³/c/c 61,48.⁵⁷

Os preços de venda foram coletados na Klabin Florestal, com base em novembro de 2003.

O valor pago pela tonelada do carbono para projetos florestais de MDL variava, em 2003, entre US\$ 5, US\$ 10 e US\$ 15 por carbono fixado.⁵⁸

Segundo o autor, essa variação é oriunda da incerteza quanto à ratificação do Protocolo de Quioto. Pode-se observar que os índices econômicos são maiores no reflorestamento quando considerado o crédito de carbono, conforme descrito a seguir.

Quando se compara o VPL para o regime de manejo 1, com ou sem o cômputo do carbono, é possível notar aumento de 72,6% (para um valor de carbono remunerado a US\$15/t), de 23,8% (com carbono a US\$5/t) e de 48,2% (com carbono a US\$10/t). Os mesmos resultados são válidos para o regime de manejo 2. Entretanto, no regime de manejo 3, esse aumento é expressivamente maior, atingindo o patamar de 136,3%, 275,9% e 415,5% de aumento, com

⁵⁷ R\$/m³/c/c – Reais por metro cúbico com casca.

⁵⁸ Segundo cotação do dia 1.12.2003 (Estadão 2003).

Tabela 19

Parâmetros para Avaliação Futura de Projetos de Investimentos em Florestas Independentes

CUSTOS	CUSTO DE IMPLANTAÇÃO Em R\$	PREÇOS R\$	PRODUTIVIDADE m³/ha	VPL R\$	B/C	VAE R\$	VET R\$	TIR (% a.a)
Implantação	700-1.800	18-25	231-250	506-2016		24,15-104	1.444-25.482	12-27
Manutenção	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Colheita	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a

a remuneração do carbono variando de US\$ 5, US\$ 10 e US\$ 15, respectivamente. Em 12 de fevereiro de 2009, o CFI da Chicago Climate Exchange (CCX) estava cotado a US\$ 2,00.⁵⁹

Outro dado econômico que demonstra a viabilidade é a TIR, que, com a remuneração do carbono no piso, apresenta acréscimo de 23%, atingindo 215,86% com a remuneração no teto.

Renner (2004) conclui que o mercado de carbono, com ou sem a implementação do Protocolo de Quioto, é uma importante fonte de receita para ampliação da base florestal nacional, capaz de torná-la viável economicamente, sendo esse valor comparado ao incentivo fiscal.

As circunstâncias em que se planta o eucalipto e as finalidades são muito distintas. Além disso, os estudos apresentados não foram desenvolvidos no mesmo ano, de tal sorte que a Tabela 19 reflete uma média aproximada e, certamente, distorcida dos reais valores de custos, benefícios e rentabilidade das florestas. Entretanto, como uma das propostas deste tópico, além de analisar a rentabilidade das florestas, também foi estabelecer parâmetros de custos, preços e rentabilidade, optou-se por montar essa tabela.

O custo de transporte de um produto denso e volumoso é fundamental para a decisão de localização de uma dada indústria (se próxima ao mercado fornecedor ou ao mercado consumidor). O tópico a seguir ilustra a questão.

⁵⁹ Ver <http://www.chicagoclimatex.com/> e http://www.europeanclimateexchange.com/default_flash.asp

A proximidade entre as florestas – independentes ou integradas – e as atividades produtivas à base de madeira são fatores de grande importância para as atividades silviculturais, dada a importância do peso e do volume no custo do frete dessa matéria-prima (madeira) até as indústrias que a utilizam.

Assim como as florestas plantadas para a indústria de celulose e papel tendem a se localizar perto das fábricas (ou vice-versa), as florestas independentes, por sua vez, devem estar localizadas próximo das regiões em que haja atividades produtivas à base de madeira (carvoarias, indústrias moveleiras, serrarias etc.).⁶⁰

Isso ocorre na cadeia de celulose e papel (no caso dos produtores do Alto Tietê), na indústria madeireira do Amazonas (concentrada ao redor do “arco do desmatamento”) e na indústria de chapas e serrados de pinus (localizadas ao sul do país, próximo das plantações).

Uma explicação para tal fato pode ser encontrada no “modelo” de localização industrial de Weber (1979). De acordo com Weber, a perda de peso no processo de transformação industrial é fundamental para explicar a localização das indústrias (se próximas ao mercado fornecedor ou perto do mercado consumidor).⁶¹

No caso da celulose, são necessárias 2,3 toneladas de madeira para que se fabrique 1 tonelada de celulose. Assim sendo, é mais rentável manter a fábrica de celulose próxima à floresta e, depois, pagar frete sobre o transporte da celulose do que transportar a madeira até a fábrica de celulose (o que custaria mais que o dobro). Dessa forma, como mostrado nos Mapas 3 e 4, as atividades de silvicultura e fabricação de celulose ocorrem praticamente na mesma região.

Já com algumas fábricas de papel, a situação é diferente. Para fabricar 1 tonelada de certos tipos de papel, apenas uma mesma tonelada de celulose é necessária. Desse modo, seria indiferente levar a celulose até a fábrica de papel ou conduzir o papel até o centro consumidor. Nesses casos, outros fatores⁶² que não o custo de transporte explicariam por que a fábrica costuma se localizar

Questões Locacionais: Os Arranjos Produtivos Locais (APL) da Madeira no Brasil

Alguns Marcos Teóricos

⁶⁰ A madeira é um produto denso e volumoso. Uma tora de eucalipto pode ter até 3 m de altura (ainda que a árvore em si alcance alturas bem superiores) por 0,7 cm de diâmetro, perfazendo volume de 1,15 m³. Ademais, a densidade do eucalipto, de 0,5 g/cm³, também faz do transporte do produto um custo bastante relevante na análise de rentabilidade, podendo até inviabilizar certos projetos. De modo geral, demandantes de madeira evitam buscar sua matéria-prima além do raio de 50 Km de suas atividades.

⁶¹ Densidade e volume também devem ser levados em consideração.

⁶² Custo de armazenagem, custo ou qualificação da mão-de-obra e aspectos fiscais, entre outros.

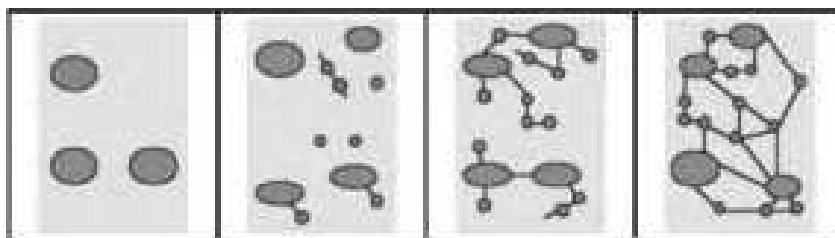
junto ao mercado consumidor, como ocorre em muitos segmentos da indústria de papel.

A repartição de riscos de inovação, o compartilhamento de infraestrutura e o aproveitamento de diversos aspectos econômicos (apropriação de externalidades positivas, economias de rede, sinergias interindustriais) são alguns dos fatores apontados pela literatura econômica como determinantes do desenvolvimento de APLs ou aglomerados produtivos.

De acordo com Pasqual (2007), o processo de formação de aglomerados produtivos pode, analiticamente, ser dividido em etapas: 1) Pré-APL; 2) APL-emergente; 3) APL em expansão; e, finalmente, 4) APL independente (Figura 6).

Figura 6

Evolução do Processo de Formação do APL



Fonte: Pasqual (2007).

Fujita, Krugman e Venables (1999) reconhecem a existência de forças centrípetas e centrífugas que atuam sobre os processos de concentração industrial. Ressaltam os *linkages* (encaixamentos) produtivos como a principal força centrípeta e externalidades negativas (poluição, por exemplo) como parte das forças centrífugas.

**Localização
Geográfica
das Principais
Indústrias à Base
de Madeira no
Brasil**

**Silvicultura e
Indústria de
Celulose e Papel**

Como visto, as atividades silviculturais brasileiras estão concentradas nas Regiões Sul e Sudeste, com destaque para Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul, Espírito Santo e Bahia.

As atividades papeleiras estão mais espalhadas, ora coincidindo com a atividade de silvicultura (quando integradas), ora próximas aos centros consumidores (no caso das não-integradas).

Pelas razões expostas no modelo de localização industrial de Weber, as plantas de celulose tendem a se localizar perto das florestas, fazendo com que a distribuição geográfica da indústria de celulose, muitas vezes, coincida com a distribuição geográfica das atividades silviculturais.⁶³

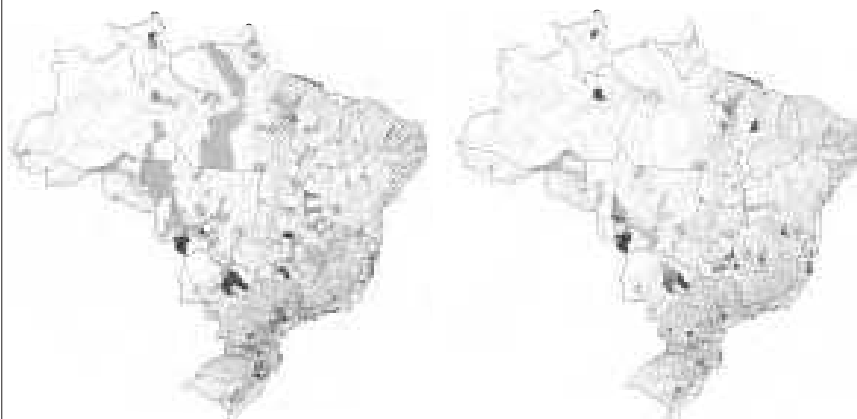
Figura 7

Concentração de Empresas e Empregados na Atividade de Silvicultura e Produção de Celulose

Silvicultura

MAPA 1 - EMPRESA

MAPA 2 - EMPREGADOS

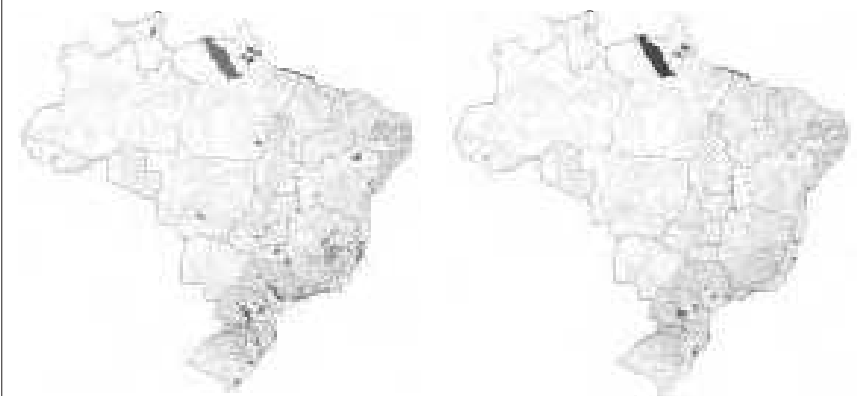


Fonte: GEOBNDES (2005).

Celulose

MAPA 3 - EMPRESA

MAPA 4 - EMPREGADOS

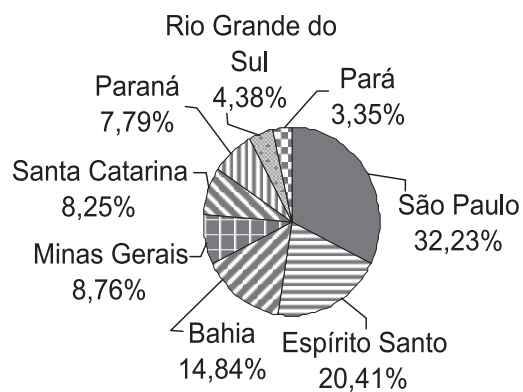


Fonte: GEOBNDES (2005).

⁶³ Os mapas apresentam, com base nos dados da *Relação Anual de Informações Sociais (Rais)*, a concentração de empresas (à esquerda) e de trabalhadores (à direita) das indústrias de produtos de madeira no país.

Gráfico 11

Distribuição Geográfica da Produção de Celulose e Pastas, por Estado (2006)



Fonte: *Bracelpa (2007)*.

Papel

É possível observar que a indústria de celulose está estreitamente ligada à atividade silvicultural, enquanto as fábricas de papel, por outro lado, encontram-se mais espalhadas pelo país, ou seja, mais próximas aos diferentes mercados consumidores.

Figura 8

Concentração de Empresas e Empregados no Setor de Papel

MAPA 5 - EMPRESA



MAPA 6 - EMPREGADOS

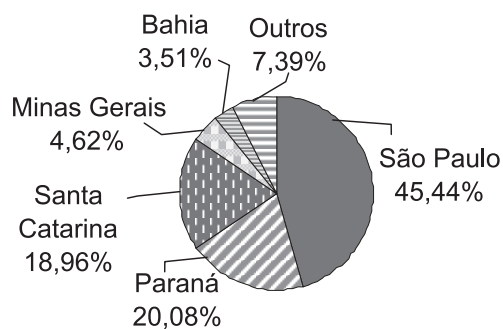


Fonte: *GEOBNDES (2005)*.

A distribuição geográfica da indústria de papel (todos os tipos) pode ser vista no Gráfico 12. Como se argumentou, tal indústria está concentrada no maior mercado consumidor do país: São Paulo (SP).

GRÁFICO 12

Distribuição Geográfica da Produção de Papel, por Estado (2006)



Fonte: *Bracelpa (2007)*.

Como é possível observar, a atividade de exploração florestal ocorre tanto em áreas de florestas plantadas (coincidindo com o mapa da silvicultura) quanto em áreas de mata nativa, como na floresta amazônica.

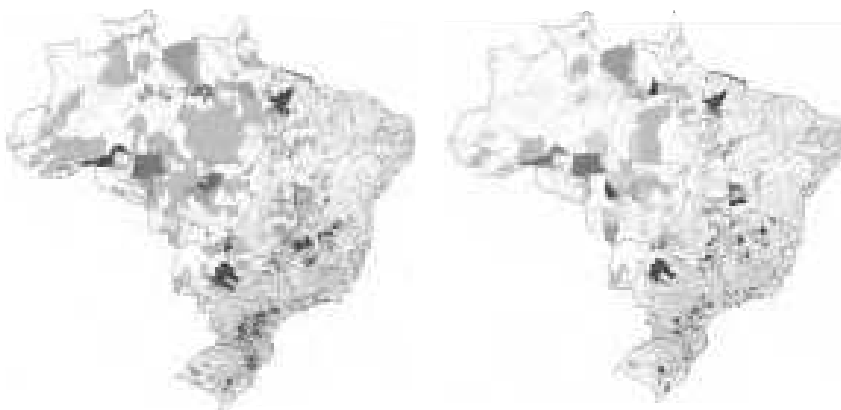
Exploração Florestal

Figura 9

Concentração de Empresas e Empregados no Setor de Exploração Florestal

MAPA 7 - EMPRESA

MAPA 8 - EMPREGADOS



Fonte: *GEOBNDES (2005)*.⁶⁴

⁶⁴ Desenvolvido com base nos dados da Rais.

Fabricação de Produtos de Madeira

Em consonância com o relatório da SBS (2007), 60% das serrarias existentes no Brasil estão concentradas nas Regiões Centro-Oeste e Norte. Nessas regiões, utiliza-se madeira de folhosas nativas, diferentemente do sul do país. É alarmante o fato de o mapa das empresas madeireiras no país coincidir perfeitamente com o do desmatamento da Amazônia.

Toda atividade econômica pressupõe custos na obtenção de matéria-prima, mesmo as extrativistas. A extração ilegal de madeira é predatória tanto para o meio ambiente como para a concorrência capitalista.

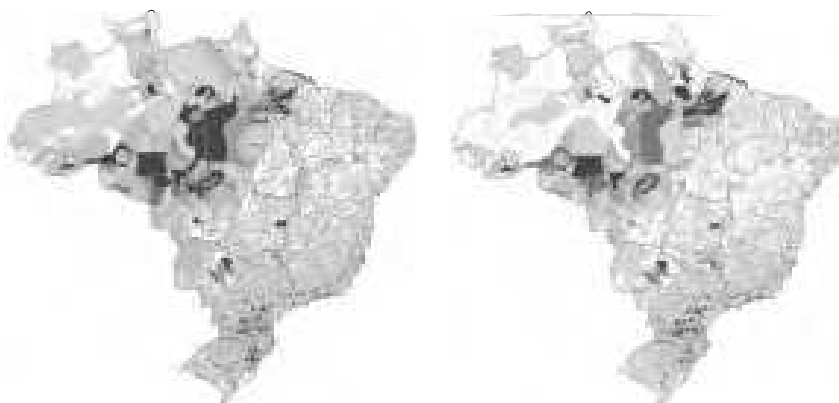
Figura 10

Concentração de Empresas e Empregados no Setor de Produtos de Madeira e Móveis à Base de Madeira

Produtos de Madeira⁶⁵

MAPA 9 - EMPRESA

MAPA 10 - EMPREGADOS



Fonte: GEOBNDES (2005).

Siderurgia (Ferro-Gusa)

A produção de ferro-gusa está concentrada nos estados de Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Pará. Nessa atividade, a localização é dada em função da disponibilidade de carvão vegetal. A perda de peso na transformação da madeira em carvão é significativa, de tal sorte que as carvoarias tendem a se concentrar próximas às florestas. O carvão, entretanto, é apenas um insumo intermediário no processo de fabricação do gusa, servindo como fonte energética e insumo ao mesmo tempo. Otimizar a logística de produção, nesse caso, é fazer a melhor triangulação possível entre: 1) fornecedores de matéria-prima (minério e carvão vegetal); 2) siderúrgicas; e 3) consumidores finais.

⁶⁵ *Engloba madeira laminada, esquadrias, compensados e chapas, entre outros produtos.*

De acordo com o Centro de Tecnologia Mineral (Cetem), em 2005 o Brasil possuía 63 guseiros independentes (gusa de mercado), todos operando com carvão vegetal e distribuídos em cinco polos: Quadrilátero Ferrífero, Marabá, Açailândia, Vitória e Corumbá. A produção independente de gusa está concentrada em Minas Gerais (70%), Carajás (25%) e o restante entre Espírito Santo e Mato Grosso do Sul.

A produção do Norte é toda destinada à exportação; as de Minas Gerais e Espírito Santo, aos mercados doméstico e de exportação, e a de Mato Grosso, ao mercado interno.

Figura 11

Concentração de Empresas e Empregados no Setor de Produção de Ferro-Gusa

Ferro-Gusa

MAPA 11 - EMPRESA



MAPA 12 - EMPREGADOS



Fonte: GEOBNDES (2005).

De acordo com Camara e Serconi (2006), os principais polos industriais à base de madeira no Brasil são os seguintes: Lages (SC), Ubá (MG), São Bento do Sul (SC), Bento Gonçalves (RS), Colatina (ES), Carmo do Cajuru (MG), Paragominas (PA), Votuporanga (SP) e Araçatuba (PR).

Os APLs Madeireiros no Brasil

A literatura acerca de APLs madeireiros no país é vasta, podendo-se citar: Theis (2008), Lages (SC) e São Bento do Sul (SC); Fernandes (2002), Ubá (MG); Camara e Serconi (2006), Araçatuba (PR) e Bento Gonçalves (RS); Mateus (2003), Carmo do Cajuru (MG); Carvalho (2006), Paragominas (PA); Silva (2003), Votuporanga (SP). Alguns deles serão brevemente comentados a seguir.

O APL de Lages (SC)

O polo madeireiro de Lages teve início em função da abundância de madeira nativa de boa qualidade (*Araucaria angustifolia*) na região da serra catarinense. Predominam empresas de pequeno e médio portes com organização familiar.

A partir da década de 1970, com o início dos incentivos fiscais ao reflorestamento, associado à exaustão da mata nativa e à expansão das fronteiras agrícolas na região, a indústria passou a utilizar o pínus como principal fonte de matéria-prima, desenvolvendo diversas indústrias ligadas ao processamento da madeira: celulose e papel, madeireiras, fábricas de móveis e indústria fornecedora de máquinas para tais atividades.

O APL de Ubá (MG)

A Zona da Mata está localizada a sudeste do estado de Minas Gerais. Ocupa uma área de 36.058 km² e é formada por sete microrregiões e 142 municípios.

Em Minas Gerais, o setor madeireiro tem como seu maior representante o polo moveleiro de Ubá. De acordo com Vale (2004), o setor foi responsável por 33,74% dos empregos gerados pelo setor de móveis no estado de Minas Gerais e 61% do emprego disponível na indústria da região. Argumentou-se que, em grande parte, a madeira consumida no polo de Ubá é proveniente de outras partes do país, uma vez que não há disponibilidade de madeira para tais fins na região.

O APL do Sul do País – Bento Gonçalves (RS), Rio Negrinho (SC) e Arapongas (RS)

Camara e Serconi (2006) analisam a estratégia de gestão empresarial do APL madeireiro localizado no sul do país. Apresentam as empresas que o compõem, sugerem políticas públicas e traçam um comparativo entre os polos de Rio Negrinho (SC), Bento Gonçalves (RS) e Arapongas (RS).

O polo moveleiro de Bento Gonçalves (RS) localiza-se na região serrana do estado e é constituído por cerca de 130 empresas, que empregam ao redor de 7.500 funcionários. Tem como foco da produção móveis retilíneos de madeira, móveis de pínus e metálicos.

O polo moveleiro de São Bento do Sul (RS) e de Rio Negrinho (SC) está localizado no vale do Rio Negro e é constituído por 210 empresas, que empregam 8.500 funcionários. É o maior exportador de móveis do Brasil.

Parcela substancial (oficialmente estimada pelo IBGE em 76 milhões de m³ ou 24% do total) da madeira utilizada para fins industriais no Brasil ainda advém de matas nativas, sendo o restante oriundo de florestas plantadas. Os problemas mais graves estão nas indústrias siderúrgicas, por meio da utilização do carvão vegetal (em Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Pará), e na indústria de serrados tropicais, concentradas no “arco do desmatamento”, a oeste do estado do Pará. Em tese, pressões ambientais tendem a restringir o acesso a essas fontes de matéria-prima ou torná-las mais caras, acarretando, portanto, redução na oferta de madeira nativa e uma crescente demanda por madeiras “ecologicamente corretas”.

Vale notar que o Brasil é extremamente *produtivo na silvicultura de eucalipto e pinus*, consistindo no fator central para a competitividade externa da indústria de celulose, siderurgia e chapas.

A oferta de madeira plantada tem crescido, sobretudo, por meio de ganhos de produtividade nas florestas (e não da expansão quantitativa da base florestal). Na década de 1990, o país manteve praticamente inalterada sua base de florestas plantadas, ao redor de 6 milhões de hectares. A expansão da base florestal deve ser vista tanto como mantenedora da atual competitividade brasileira (centrada na produtividade das florestas) como forma de reduzir pressões sobre as matas nativas, particularmente nas regiões de Carajás, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul.

A comparação entre capacidade produtiva e produção efetiva de toras aponta para um *nível de ociosidade entre 20% e 30% da capacidade florestal*. Além disso, a abundância de madeiras nativas no país, a despeito dos aspectos ambientais, mostra plena suficiência no fornecimento dessa matéria-prima.

Grosso modo, 29% da madeira produzida no país é *demandada* pela indústria de celulose e papel, 23% pela siderurgia a carvão vegetal e 19% pela indústria de serrados de pinus. O restante distribui-se entre compensados (5%), painéis reconstituídos (5%) e outras finalidades que, somadas, chegam a 19%.

Enquanto *as indústrias de celulose (e papel) e chapas de madeira* utilizam 100% de florestas plantadas, a indústria siderúrgica ainda consome parcela substancial de matas nativas. O IBGE estima que a proporção é de 15% de matas nativas para 85% de florestas plantadas. Os cálculos desenvolvidos neste estudo sugerem que a proporção seja dois terços de mata nativa para apenas um terço de florestas plantadas.

Conclusões

1) Oferta de Madeira no Brasil

2) Demanda por Madeira no Brasil

Por serem as empresas integradas, desde a floresta até a produção de papel (em muitos casos), o planejamento corporativo no setor de celulose e papel antevê a demanda futura e investe previamente em suas florestas. Assim sendo, o risco de falta de matéria-prima para essas indústrias é muito pequeno (uma vez que 80% de suas florestas são próprias e apenas 20% são terceirizadas). Ademais, sendo detentora de 1,7 milhão de hectares de florestas e necessitando ao redor de 220 mil hectares por ano para produzir as atuais (2007) 12 milhões de toneladas, a indústria de celulose chega a ter mais de oito anos de autonomia de matéria-prima (sem contar que as árvores rebrotam).

Antes da crise iniciada no setor imobiliário norte-americano, os setores industriais demandantes de madeira pareciam estar em franca expansão, sinalizando que, no futuro próximo, a madeira tenderia a se valorizar. Ademais, a busca de energias limpas e renováveis fará do Brasil um grande produtor de biomassa. A tecnologia tanto de produção de etanol à base de celulose como de termoelectricidade por queima de biomassa, combinada com a espetacular produtividade das plantações de eucaliptos, pode auferir ao país posição privilegiada, diante dos cenários energéticos futuros – ainda que este seja um mercado de rentabilidade incerta, no curto prazo.

3) Preços

A interação entre oferta e demanda se reflete no nível nominal de preços da madeira, que mostrou elevação de 20,89% para a lenha em pé, 15,73% para madeira para celulose em pé e 21,85% para lenha cortada e empilhada, entre 2000 e 2007. Vale notar que a elevação real (deflacionada pelo ICC) é quase nula, não induzindo à hipótese, sugerida no passado recente, de excesso de demanda por madeira.

Rentabilidade Econômica

A atividade silvicultural mostra-se rentável sob diversas condições de custo, preço e taxa de desconto, com *taxa interna de retorno, oscilando no intervalo de 12% a.a. e 27% a.a.*, o que sinaliza a atratividade das atividades no setor. O eucalipto em pequenas propriedades mostra-se uma forma viável de cultivo, pois contribui para assentar o homem no campo, aumenta a biodiversidade e melhora a qualidade de certos tipos de solos já degradados. Ademais, o consórcio do eucalipto com outras culturas permite receitas de curto e de longo prazos ao fazendeiro. O múltiplo uso da floresta aumenta ainda seu valor, por seu caráter de “opção real”. Por fim, a recente oportunidade de obter créditos de carbono também aparece como fonte alternativa de financiamento para as atividades de silvicultura e eleva o valor econômico da floresta.

A localização é variável central para a rentabilidade das florestas independentes, de modo que os projetos florestais devem estar focados em *mercados consumidores localizados próximos das plantações (raio médio de 50 km)*.

5) APLs Madeireiros no Brasil

Os principais APLs madeireiros no Brasil estão localizados nas seguintes regiões: Sul – Lajes (SC), Bento Gonçalves (RS) e São Bento do Sul (RS); Norte – Carajás e Paragominas (PA); e no Triângulo Mineiro – Uberlândia (MG) e Uberaba (MG). São, portanto, potenciais mercados para produtores independentes de eucalipto. A região do Mato Grosso do Sul também surge, recentemente, como novo possível polo de desenvolvimento de atividades silviculturais.

Referências

ABRAF – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. Relatório Anual, 2005, 2006, 2007 e 2008.

CAMARA, M. R. G. & SERCONI, L. “Gestão empresarial em três APLs moveleiros selecionados no sul do Brasil”. *Ciências Sociais e Humanas*, Londrina, v. 27, n. 1, p. 35-50, jan./jun. 2006.

CASTRO, R. R. et al. “Rentabilidade econômica e risco na produção de carvão de vegetal”. *Cerne*, Lavras, v. 13, n. 4, p. 353-359, out./dez. 2007.

COUTINHO, A. R. “Determinação da densidade do carvão vegetal por atenuação da radiação gama”. *Ipef*, n. 39, p. 17-20, ago. 1988.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Relatório Anual 2007.

FUJITA, M.; KRUGMAM, P.; VENABLES, A. J. *The spatial economy: cities, regions, and international trade*. Cambridge, MA: MIT Press, 1999.

JUVENAL, T. L. & MATTOS, R. L. G. “O setor florestal no Brasil e a importância do reflorestamento”. *BNDES Setorial*, n. 16, p. 3-30, set. 2002.

MACEDO, R. L. G. M. “Produção agroflorestal de sistemas consorciados de soja com clones de eucalipto na região de cerrado, em Paracatu-Minas Gerais”. *Agrossilvicultura*, v. 1, n. 2, p. 175-185, 2004.

MORAIS-FILHO, A. D. & RODRIGUEZ, L. C. E. *Plantações de eucaliptos – Análise do fluxo de caixa de pequenos produtores do Alto Tietê, Estado de São Paulo, Brasil*. II Latin American Symposium on Forest Management and Economics, 20 de setembro de 2004.

OLIVEIRA, A. D. "Avaliação econômica da vegetação de cerrado submetida a diferentes regimes de manejo e povoamentos de eucalipto plantado em monocultivo". *Cerne*, Lavras, v. 4, n. 1, 1998.

REMADE – REVISTA DA MADEIRA, n. 8, mar. 2005.

RENNER, R. M. *Sequestro de carbono e a viabilização de novos reflorestamentos no Brasil*. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2004.

REZENDE, J. L. P et al. "Análise econômica de fomento florestal com eucalipto no Estado de Minas Gerais". *Cerne*, Lavras, v. 12, n. 3, p. 221-231, jul./set. 2006.

RODIGHERI, H. R. *Indicadores ambientais e socioeconômicos de plantios florestais no sul do Brasil*. Colombo, PR: Embrapa/CNPQ, 2001.

_____. *Acácia-negra, bracatinga, eucalipto e erva-mate: espécies florestais para produtores rurais do sul do Brasil*. Memória do "I Simpósio Ibero-Americano de Gestão e Economia Florestal". Série Técnica Ipgef, v. 14, n. 34, p. 174, jul. 2001.

RODRIGUEZ, L. C. E. & BUENO, A. R. S. "Rotações de eucalipto mais longas: análise volumétrica e econômica". *Scientia Florestalis*, n. 51, jun. 1997.

SBS – SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. *Fatos e Números do Brasil Florestal*, dez. 2007.

SCHUMACHER, F. X. "A new growth curve and its application to timber yield studies". *Journal of Forestry*, v. 37, p. 819-820, 1939.

SILVA, M. L. da & FONTES, A. A. "Discussão sobre os critérios de avaliação econômica: valor presente líquido (VPL), valor anual equivalente (VAE) e valor esperado da terra (VET)". *Revista Árvore*, Viçosa, v. 29, n. 6, dez. 2005.

SOARES, T. S. et al. "Avaliação econômica de povoamento de *Eucalyptus grandis* destinado a multiprodutos". *Revista Árvore*, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 689-694, 2003.

STAPE, J. L. *Production ecology of clonal eucalyptus plantations in Northeastern Brazil*. Colorado, EUA: Department of Forest Sciences, Colorado State University, 2002 (Tese de Doutorado).

VALE, R. S. et al. "Análise da viabilidade econômica de um sistema silvipastoril com eucalipto para a Zona da Mata de Minas Gerais". *Agrossilvicultura*, v. 1, n. 2, p. 107-120, 2004.

TERCEIRIZAÇÃO DA P&D DE MEDICAMENTOS: PANORAMA DO SETOR DE TESTES PRÉ-CLÍNICOS NO BRASIL

João Paulo Pieroni

Luciana Xavier de Lemos Capanema

Carla Reis

José Oswaldo Barros de Souza

Leandro Gomes da Silva*

** Respectivamente, economista, gerente, economistas e estagiário do Departamento de Produtos Intermediários Químicos e Farmacêuticos da Área Industrial do BNDES.*

Os autores agradecem os comentários de Pedro Palmeira, chefe do DEFARMA, bem como às instituições visitadas. Erros e omissões, eventualmente remanescentes, são de responsabilidade dos autores.

COMPLEXO INDUSTRIAL DA SAÚDE

Resumo

A indústria farmacêutica mundial tem deparado com uma crescente dificuldade na aprovação de novas drogas, aumento dos custos regulatórios e ampliação do portfólio de produtos. Estes fatores têm levado as grandes empresas farmacêuticas a terceirizar etapas do desenvolvimento de medicamentos, particularmente os testes pré-clínicos e clínicos, com objetivo de reduzir o custo e o tempo investidos em novos produtos.

No Brasil, o histórico da evolução da indústria farmacêutica nacional aponta para uma intensificação dos esforços em pesquisa e desenvolvimento (P&D), especialmente os relacionados a inovações incrementais. Nesta direção, os gargalos apontados pelas empresas foram a qualidade e a infraestrutura insuficientes no país para a realização de testes pré-clínicos.

O objetivo deste artigo é apresentar um panorama do setor de serviços de testes pré-clínicos no país e indicar ações desejáveis para seu desenvolvimento, considerando o estágio atual das iniciativas de P&D nas empresas farmacêuticas nacionais. Para isso, são analisadas as razões do crescente movimento de terceirização dos testes pré-clínicos e clínicos na indústria farmacêutica internacional, bem como as características do mercado mundial dos prestadores desses serviços.

A indústria farmacêutica é considerada um dos setores mais inovadores da economia. Os elevados investimentos requeridos pela pesquisa e desenvolvimento (P&D) de novos medicamentos são os principais fatores de competitividade da indústria, em que a competição ocorre pela diferenciação de produtos por meio da inovação. Por essas razões a indústria farmacêutica é o principal exemplo de setor baseado em ciência [Pavitt (1984)].

O complexo e caro processo de P&D de novas drogas envolve desde etapas de pesquisa básica até testes de grande escala em humanos. O número de inovações decorre dos investimentos na pesquisa de novos produtos e de capacitações específicas sobre as diferentes etapas do processo adquiridas pelas empresas ao longo de sua trajetória. Entretanto, a crescente pressão de custos sobre a indústria farmacêutica mundial, resultado da redução da produtividade da P&D e do aumento dos gastos com exigências regulatórias, tem levado empresas a terceirizar etapas do processo de P&D, em especial os testes pré-clínicos e clínicos, contratando empresas especializadas chamadas de Contract Research Organizations (CROs).

No Brasil, os ensaios clínicos de novos medicamentos são relativamente desenvolvidos e inseridos nas grandes redes internacionais de pesquisa. Por outro lado, os testes pré-clínicos suscitam controvérsias em relação à qualidade e infraestrutura existentes no país; essa etapa é considerada pela indústria farmacêutica nacional um gargalo para as recentes iniciativas de pesquisa e desenvolvimento de novas drogas.

O objetivo deste artigo é apresentar um panorama da estrutura existente de testes pré-clínicos no país e apontar ações desejáveis para seu desenvolvimento, levando em conta o estágio atual da P&D de novos medicamentos no Brasil. Para isso, é necessário avaliar o crescente movimento de terceirização das etapas de P&D – com foco nos testes pré-clínicos e clínicos – na indústria farmacêutica internacional.

Dessa forma, o trabalho está dividido em cinco seções, além desta introdução. Na primeira, são discutidas as razões que estão levando a indústria farmacêutica em direção à terceirização das etapas de P&D. A seção seguinte realiza uma caracterização da indústria de prestadores de serviços pré-clínicos e clínicos (CROs), enfatizando a dinâmica concorrencial, os fatores de competitividade e a dimensão do mercado. Na terceira seção, o trabalho aborda as particularidades do mercado de testes pré-clínicos, que servem de subsídio para a quarta seção – a caracterização dessa indústria no Brasil. Para isso, foram realizadas entrevistas com alguns dos principais prestadores de testes pré-clínicos no país e com a Agência

Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). Ao final do trabalho, são apresentadas as considerações finais.

Alterações na Indústria Farmacêutica

O conjunto de competências necessárias para o desenvolvimento de novos medicamentos é bastante diversificado e distinto das competências relativas ao processo produtivo. A maior parte das grandes empresas do setor farmacêutico tem sua origem no século XVIII e dominou, ao longo do tempo, essas competências. Foi a estrutura de grande empresa integrada que permitiu a essas firmas desenvolver e internalizar os conhecimentos desses processos, possibilitando a capitalização dos lucros e administração mais eficiente das incertezas envolvidas na geração de inovações [Furtado et al. (2007)].

O processo de P&D de um medicamento pode ser caracterizado como um dos mais exigentes, custosos e longos entre todos os setores da economia. Cada etapa possui uma dinâmica própria, com especificidades e competências diferentes entre si. Assim, é importante conhecer em mais detalhes as etapas desse processo e suas implicações nas estratégias das empresas.

O processo que conduz uma droga inovadora desde a etapa de P&D até sua introdução no mercado pode ser dividido em quatro grandes grupos: pesquisa básica, desenvolvimento – considerado neste trabalho como as etapas pré-clínica e clínica –, registro e pós-comercialização.

A pesquisa básica é a fase em que se procura identificar novos compostos que se mostrem promissores no tratamento de alguma doença. Para isso é necessário identificar em quais circunstâncias o desenvolvimento da doença pode ser contido, a fim de determinar o alvo a ser pesquisado. Essa busca pode ocorrer por meio de diversas rotas tecnológicas, como síntese química, prospecção de compostos naturais e biotecnologia.

Nesse estágio são pesquisados milhares de compostos, e o conhecimento da ciência básica é fundamental. Dessa forma, parte relevante das pesquisas é realizada nas universidades, institutos e fundações de pesquisa, além de estudos desenvolvidos nas pequenas empresas farmacêuticas e de biotecnologia.

Os compostos que se mostram promissores na fase de pesquisa básica continuam a ser investigados. Após o isolamento da molécula, passa-se à etapa de desenvolvimento do medicamen-

to com o início dos testes pré-clínicos, considerados o grande filtro da P&D de novas drogas. Nessa etapa são realizados testes em laboratório (*in vitro*) e em animais (*in vivo*) com o objetivo de checar os parâmetros de segurança e eficácia do novo composto.

Para os estudos de segurança, são realizados testes de toxicidade a fim de determinar os efeitos nocivos da droga no sistema orgânico – em especial no cardiovascular e reprodutivo – bem como alterações genéticas. Os testes de eficácia têm o objetivo de observar a absorção, distribuição, metabolização e excreção do novo composto e seu grau de estabilidade e pureza. Deve-se notar a importância desta etapa de desenvolvimento do medicamento. São os testes pré-clínicos, em especial em animais, que oferecem as margens de segurança para o início dos testes em humanos, os chamados testes clínicos.

Os ensaios clínicos constituem o estágio mais caro e demorado do processo de desenvolvimento e consistem em submeter a droga aprovada na etapa pré-clínica a testes de segurança e eficácia em humanos. Somente com base nos ensaios clínicos é possível a elaboração de um dossiê completo de informações necessárias para a obtenção do registro para comercialização dos medicamentos. Os testes clínicos são subdivididos em três fases, de acordo com sua finalidade:

Fase I: Busca-se conhecer a tolerância/segurança do medicamento em um número restrito de voluntários sadios. Para isso, os voluntários recebem doses crescentes do medicamento.

Fase II: Realizam-se testes para avaliar a eficácia terapêutica do novo composto em voluntários portadores da patologia (doentes), ainda em número restrito. O objetivo é alcançar a dose ótima, ou seja, aquela que consegue combinar os melhores efeitos terapêuticos ao menor conjunto de reações adversas.

Fase III: Ampliam-se os estudos terapêuticos, com grande número de portadores de patologia para determinação do risco-benefício do tratamento. A avaliação é sempre feita de maneira comparativa, utilizando-se um outro tratamento de referência.

Com base nos resultados positivos desses testes, é possível passar à terceira etapa: registro do novo composto. O registro de um medicamento para fins de comercialização e utilização pela população é feito nas agências de regulação sanitária. Para obtê-lo, todas as informações sobre o medicamento e suas fases de desenvolvimento devem ser compiladas em formulários específicos, que são submetidos a essas agências para aprovação. Em geral, esse processo leva de um

a dois anos. Ressalte-se que o produto deve ser registrado em cada um dos países em que será comercializado.

Depois do processo de registro, inicia-se a pós-comercialização, na qual os efeitos e reações adversas inesperadas nos usuários do novo medicamento devem ser acompanhados pela empresa e agência reguladora por meio de testes clínicos. Esta última etapa também é conhecida como farmacovigilância ou testes clínicos Fase IV [Quental (2006) e DNDI]. O Quadro 1 sintetiza as informações sobre o processo de desenvolvimento de um novo medicamento.

Ao longo da história da indústria farmacêutica, as grandes empresas usualmente buscaram realizar todas as etapas de P&D internamente, com infraestrutura e pessoal próprio, o que resultava em significativa internalização do conhecimento na empresa. Ainda hoje, esse modelo integrado de pesquisa e desenvolvimento é o mais recorrente entre as grandes empresas.

Entretanto, nos últimos anos têm ocorrido alterações significativas em termos de custos na indústria farmacêutica, que

Quadro 1

O Processo de P&D e Introdução de um Novo Medicamento no Mercado

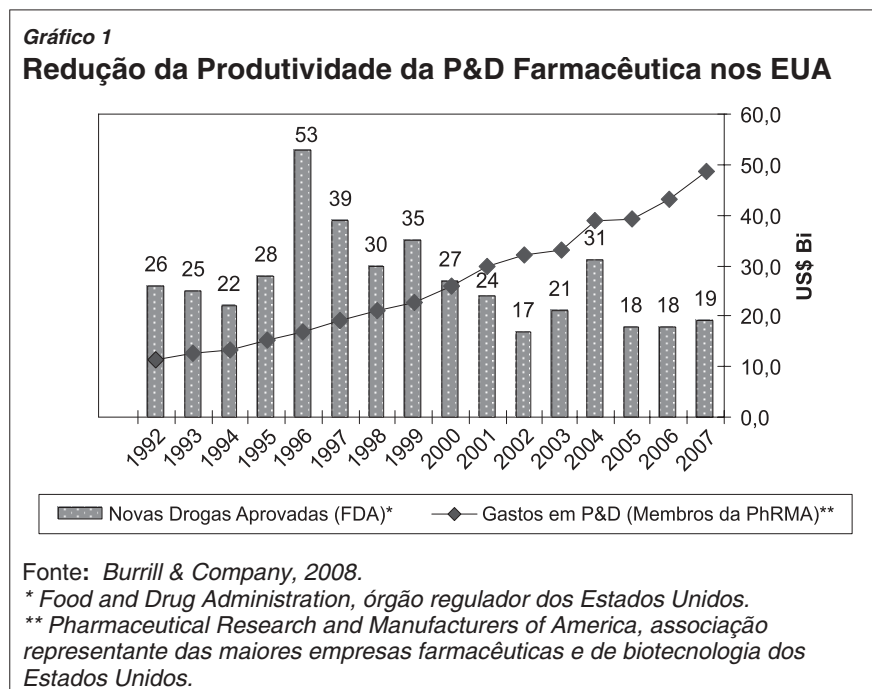
ETAPAS		DURAÇÃO (Anos)	TESTES	OBJETIVOS	TAXA DE SUCESSO* (%)	CUSTO MÉDIO (US\$ Milhão)
Pesquisa Básica		4-5	<i>in vitro</i>	Encontrar compostos ativos; determinar alvos; testar mecanismos de ação	Menos de 1	80
Testes Pré-Clínicos		1-2	<i>in vitro</i> e em animais	Determinar segurança e eficácia	10	0,2 a 23
Testes Clínicos	Fase I	1-2	20 a 100 voluntários sadios	Verificar segurança e dosagem	18	14
	Fase II	1-2	100 a 500 pacientes voluntários	Avaliar eficácia; investigar efeitos colaterais	28	17
	Fase III	2-3	1.000 a 5.000 pacientes voluntários	Confirmar eficácia; monitorar reações adversas	66	62
Registro		1-2	-	-	91	-
Pós-Comercialização	Fase IV	Contínuo	1.000 a 5.000 pacientes voluntários	Verificar efeitos adversos não previstos na população	-	30

Fonte: FDA, PhRma, Parexel, Kreger e Feldman (2004).

* Probabilidade de a droga chegar ao mercado.

vêm modificando o modelo usual de P&D de novos medicamentos. Essas mudanças decorrem, basicamente, de três aspectos intimamente relacionados: a) a redução da produtividade da P&D farmacêutica; b) o aumento dos custos regulatórios para aprovação de novas drogas e; c) a ampliação e a diversificação do conjunto de medicamentos em desenvolvimento nas empresas (*pipeline*).

A redução da produtividade da P&D farmacêutica é refletida no aumento contínuo dos gastos em P&D realizados pelas maiores empresas, em contraposição ao menor número de novas drogas aprovadas por agências reguladoras. Esse fato é constatado no principal mercado farmacêutico mundial, o norte-americano, no qual o *gap* entre os investimentos e a aprovação de novas drogas tem crescido nos últimos anos, como pode ser observado no Gráfico 1.



A crescente dificuldade para aprovação de novas drogas pode ser atribuída, entre outros fatores, ao fato de as agências reguladoras terem aumentado o rigor para registro de um novo medicamento. A evolução dos testes químicos e de diagnóstico permitiu uma melhor compreensão da eficácia e da segurança dos medicamentos. Além de mais complexos, o número de testes exigidos antes da aprovação de um medicamento mais que dobrou entre as décadas de 1980 e 1990, passando de 30 para 70 testes, de acordo com o CISCPR (The Center for Information & Study on Clinical Research Participation). Por consequência, a média do número de participantes necessários para os estudos clínicos de um novo

medicamento cresceu de 1.700 para 4.300 voluntários no mesmo período.

A diminuição no número de aprovações de novos produtos no mercado é preocupante para as grandes empresas farmacêuticas, especialmente porque as patentes de diversas drogas *blockbusters*¹ – que representam entre 20 e 40% do faturamento dessas empresas – expiram nos próximos anos. O pequeno número de aprovação de novas drogas não conseguirá substituir as reduções significativas nas receitas das maiores empresas. O Quadro 2 apresenta as principais patentes de medicamentos que expiram entre 2010 e 2012.

O aumento dos gastos em P&D, sem contrapartida em geração de novos produtos, em conjunto com o aumento das exigências regulatórias, tem levado as empresas a procurarem alternativas para ampliar e diversificar seu *pipeline*, na busca pelo aumento das chances de aprovação de novas drogas.

A aquisição ou a realização de contratos de parceria e licenciamento com empresas de base tecnológica, principalmente as

Quadro 2

Expiração de Patentes das Grandes Empresas Farmacêuticas

EMPRESA	2010		2011		2012		PARCELA DAS RECEITAS** (Em %)
	MEDICAMENTO	RECEITA* (US\$ bi)	MEDICAMENTO	RECEITA* (US\$ bi)	MEDICAMENTO	RECEITA* (US\$ bi)	
Pfizer	Aricept	0,8	Lipitor	12,1	Viagra	1,7	41
			Xalatan	1,6	Detrol	0,8	
					Geodon	1,1	
AstraZeneca	Arimidex	2,2	Seroquel	4,7	Symbicort	3,7	38
Sanofi-Aventis	Taxotere	2,1	US Plavix	3,8	Lovenox	3,1	34
			Avapro	2,1			
BMS			US Plavix	4,8	Abilify	2,1	30
			Avapro	1,3			
GSK	Advair	3,8			Avandia	2,5	23
Eli Lilly			Zyprexa	4,8			22
Merck	Cozaar/Hyzaar	3,2			Singulair	4,5	22
Novartis	Femara	1,1			Diovan	6	14

Fonte: AXA Framlington e PricewaterhouseCoopers.

*Valor estimado da venda dos medicamentos nos 12 meses anteriores à expiração da patente.

** Soma das receitas dos produtos listados que perderão patentes sobre o total das vendas da empresa nos próximos cinco anos.

¹ São considerados blockbusters os medicamentos com vendas anuais superiores a US\$ 1 bilhão.

de biotecnologia, são vistas como oportunidade para a ampliação do *portfolio* de produtos das empresas farmacêuticas. As empresas de biotecnologia apresentam competência para realização das pesquisas básicas e o início do desenvolvimento, mas não possuem porte financeiro para levar o produto até o mercado: este tem sido o papel das grandes empresas.

A diversificação e a ampliação do *pipeline* das empresas farmacêuticas aumentam a demanda por testes pré-clínicos e clínicos. Entretanto, há elevados custos fixos para manter a estrutura para realização dessas etapas na própria empresa, além do fato de produtos distintos exigirem infraestrutura e capacitações específicas.

Dessa forma, a crescente pressão de custos sobre as empresas farmacêuticas, em conjunto com o aumento e a diversificação dos produtos em seus *pipelines*, tem levado, cada vez mais, as companhias a terceirizarem etapas do desenvolvimento de novos medicamentos. Esse fenômeno representa uma alternativa para a redução do custo e do tempo nas etapas do desenvolvimento farmacêutico, e será objeto de discussão nas próximas seções deste trabalho.

A terceirização (também conhecida como *outsourcing*) é a prática de contratar externamente organizações de serviços, em geral específicos, dentro de uma cadeia de produção. A terceirização oferece às empresas serviços que não possuem ou não estão dispostas a manter em sua estrutura organizacional. Este movimento permite que firmas concentrem suas competências em etapas específicas, nas quais possam adicionar valor e ganhar vantagens competitivas.

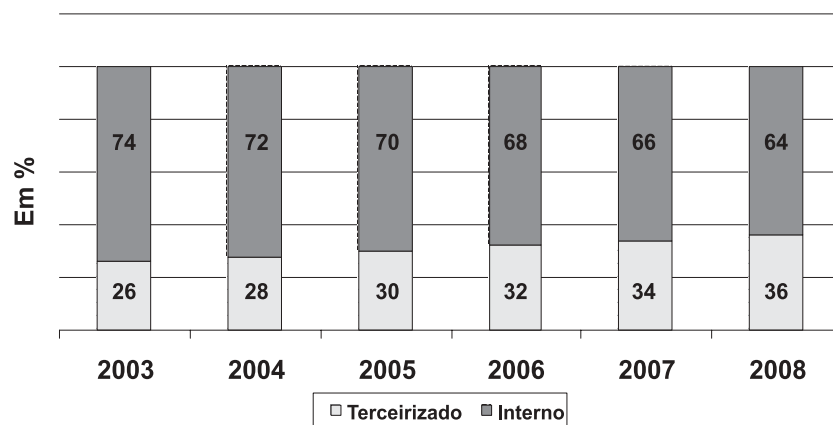
As empresas contratadas para prestar serviços tecnológicos são conhecidas como Contract Research Organization (CROs). Na área de saúde humana, essas companhias oferecem um amplo conjunto de serviços para a indústria farmacêutica, entre eles: descoberta de novas drogas, execução e gerenciamento de testes pré-clínicos e clínicos, serviços laboratoriais, biomanufatura e preparação de documentos regulatórios.

Segundo pesquisa realizada por Sahoo (2006) com duzentas empresas farmacêuticas, 43% das firmas expandiram em mais de 10% a parcela terceirizada das etapas de P&D em 2005, em comparação com o ano anterior. Em 2008, 36% dos gastos de P&D das empresas farmacêuticas e de biotecnologia foram terceirizados, um aumento contínuo de 10 pontos percentuais em relação

A Terceirização da P&D de Medicamentos

a 2003. Como demonstrado pelo Gráfico 2, há uma tendência de crescimento contínuo da estratégia de terceirização.

Gráfico 2
Evolução da Distribuição dos Gastos da P&D Farmacêutica



Fonte: Kalorama, 2008.

Os principais fatores de competitividade que determinam a escolha da CRO por parte da indústria farmacêutica e de biotecnologia, identificados por Sahoo (2006), segundo ordem de importância são: a) relacionamento com a indústria, criando credibilidade com as empresas farmacêuticas e de biotecnologia; b) custo; c) tecnologia específica; e d) estabilidade financeira.

A estratégia de terceirização na indústria farmacêutica pode ser classificada, de acordo com seus objetivos, em tática e estratégica. A terceirização tática baseia-se exclusivamente em custos, representando uma oportunidade financeiramente vantajosa no curto prazo para a empresa farmacêutica. Essa estratégia resulta em contratos de terceirização eventuais e temporários. Por outro lado, a terceirização estratégica se refere a uma visão de longo prazo, na qual a empresa decide se concentrar nas competências em que está bem posicionada ou naquelas que considera mais importante manter em sua estrutura interna, optando por terceirizar as demais etapas.

Embora as grandes empresas farmacêuticas respondam, em valor, pela maioria dos gastos com terceirização, em proporção do faturamento, são as pequenas firmas que mais utilizam essa estratégia. Os elevados custos da construção e manutenção da infraestrutura de P&D justificam a existência de maior parcela terceirizada nas pequenas e médias empresas.

Segundo a Association of Clinical Research Organizations (Acro), dos Estados Unidos, os testes clínicos das Fases I a IV constituem a etapa mais terceirizada no processo de P&D (30% dos testes são realizados por CROs).² Os testes pré-clínicos também são terceirizados em volume significativo (cerca de 22% em 2005).

A principal vantagem da condução dos ensaios clínicos pelas CROs em comparação à condução pelas próprias empresas farmacêuticas, apontada pela Acro, seria a redução no tempo dos testes em cerca de 30%. O melhor desempenho é atribuído às competências no recrutamento de voluntários e equipes médicas em diversos países e ao tratamento mais ágil dos dados. Quanto mais rápida for a conclusão dos testes, mais receita a empresa contratante³ poderá auferir ao introduzir o produto no mercado.

A agilidade na conclusão dos testes para introdução dos novos medicamentos no mercado é relevante também por questões de propriedade intelectual, que podem proporcionar margens significativamente maiores para as empresas farmacêuticas decorrentes do monopólio da patente. A proteção proporcionada pelas patentes é usualmente válida por um prazo de vinte anos a contar da data de seu depósito no órgão responsável por sua concessão. Em geral, o depósito ocorre na etapa de testes pré-clínicos, quando informações do novo medicamento devem ser divulgadas e ainda há diversas etapas de desenvolvimento e registro a serem realizadas. O atraso na conclusão dos testes reduz o prazo de proteção da patente com o produto no mercado e, por consequência a receita decorrente dele, que fica comprometida com a possibilidade de posterior concorrência dos genéricos.

O mercado de CROs é altamente competitivo e fragmentado. Estima-se que existam mil empresas no mundo, com receitas anuais que variam de US\$ 1 milhão a mais de US\$ 1 bilhão. O tamanho do mercado tem crescido de forma relevante, com taxas de 10 a 15% ao ano, chegando, em 2008, a valores próximos de US\$ 20 bilhões, conforme o Gráfico 3. A tendência é que o mercado de CROs continue crescendo de forma linear nos próximos anos.

Mercado e Principais Empresas

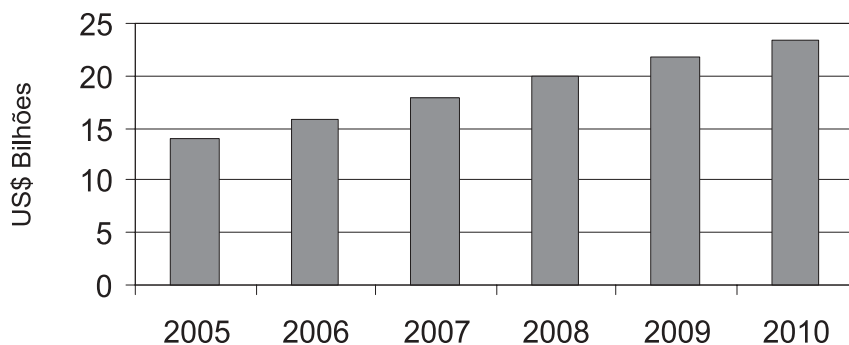
Como ressaltado anteriormente, os testes clínicos são responsáveis pela maior parte das receitas das empresas prestadoras de serviços. Entre eles, destacam-se as fases II e III, que demandam um número elevado de voluntários. Os testes pré-clíni-

² O Tufts Center for the Study of Drug Development estima que em 2005 foram realizados 170 mil testes clínicos no mundo, sendo 32 mil conduzidos por CROs.

³ As empresas contratantes também são chamadas de patrocinadores.

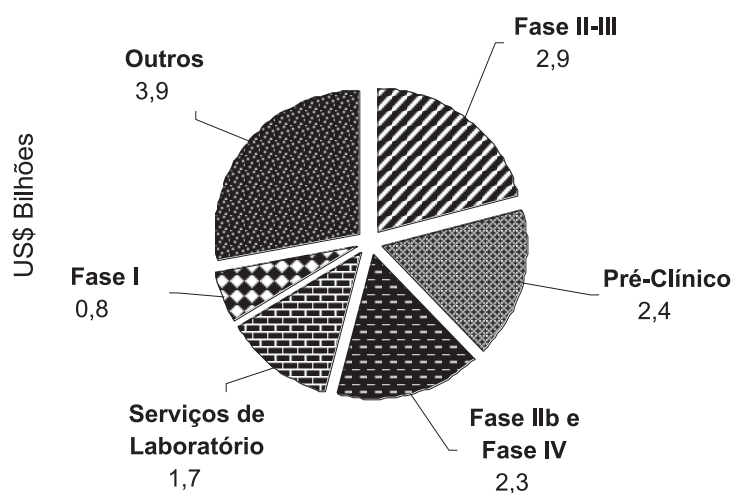
cos também são representativos, respondendo por um mercado de mais de US\$ 2 bilhões.

Gráfico 3
Mercado Mundial de CROs



Fonte: Sahoo, 2006.

Gráfico 4
Divisão da Receita de Mercado



Fonte: Sahoo, 2006.

As principais empresas deste mercado são listadas na Tabela 1. Com receitas pouco superiores a US\$ 1 bilhão, as maiores CROs são bem menores que as grandes empresas farmacêuticas, cujo faturamento é superior a US\$ 50 bilhões. Nota-se, entretanto, uma concentração expressiva do mercado entre as sete maiores empresas que detinham, em 2007, cerca de 41% do mercado.

O movimento mais relevante de fusões do setor ocorreu em 2004, quando o Inveresk Research Group e o Charles River

Laboratories, duas das maiores CROs, se uniram. Sua fusão garantiu a Charles River a liderança de mercado em testes toxicológicos especiais (pré-clínico) e a ampliação do *portfolio* de serviços, permitindo a rivalização com o principal concorrente, Covance [Kreger e Feldman (2004)].

Tabela 1

Principais Empresas e Participação de Mercado em 2007

PRINCIPAIS CROs	ORIGEM DE CAPITAL	FATURAMENTO (US\$ Milhões)	PARTICIPAÇÃO NO MERCADO MUNDIAL (%)
Covance	EUA	1.546	9,1
Pharmaceutical Product Development	EUA	1.415	8,3
Charles River Laboratories	EUA	1.231	7,2
MDS Pharma	EUA	1.119	6,6
Parexel	EUA	742	4,4
Icon	Irlanda	631	3,7
Life Sciences	EUA	237	1,4
Outros	-	10.080	59,3
Total	-	17.000	100,0

Fonte: *Elaboração do BNDES/DEFARMA/GESET, com base no relatório anual das empresas.*

O aumento da terceirização também ocorre nas atividades de manufatura dos medicamentos. Nesse caso, as empresas que oferecem esses serviços são chamadas de Contract Manufacturing Organizations (CMOs). Mas, na maioria dos casos, são as próprias empresas farmacêuticas que oferecem essa opção às concorrentes.

Esse movimento começou quando as competências em produção da maior parte dos produtos não mais ofereciam qualquer diferenciação competitiva para as empresas farmacêuticas. Ao mesmo tempo, economias de escala na utilização de suas plantas passaram a ser um importante fator de redução do custo. Seguindo essa lógica, grandes empresas como Abbot, Basf, GlaxoSmithKline, Pfizer e Novartis oferecem esse serviço. A tendência recente é a especialização de algumas empresas na produção de determinadas apresentações farmacêuticas nas quais ainda há capacidades específicas na produção, como a Abbott, especializada na manufatura de pequenas moléculas e oligonucleotídeos [Sahoo (2006)].

Embora o mercado de CROs seja altamente concentrado nos países desenvolvidos – Estados Unidos e Europa Ocidental respondem por 80% da receita do setor –, um número crescente de CROs tem realizado testes, aberto novas instalações e estabelecido

**Movimentos
em Direção
aos Países em
Desenvolvimento**

parcerias com empresas locais em diversos países em desenvolvimento. Entre eles, destacam-se países do Leste Europeu, Índia e China. Em geral, a principal vantagem dessa estratégia é a significativa redução de custos dos ensaios, atribuída principalmente aos pesquisadores com alta qualificação e baixo salário e ao elevado número de voluntários disponíveis [Sahoo (2006)].

O grau de internacionalização dos serviços oferecidos pelas CROs é distinto entre as etapas pré-clínica e clínica. Pela natureza dos testes clínicos, intensivos em pessoas, esses ensaios são mais facilmente internacionalizados devido à dependência da oferta de voluntários e estrutura hospitalar. Por outro lado, os testes pré-clínicos são intensivos em capital, com a exigência de estrutura e equipamentos sofisticados, tornando mais complexa sua dispersão internacional.

O Leste Europeu é a região na qual há o movimento mais intenso de entrada de novas CROs. Além dos custos 50% menores em relação aos testes realizados nos Estados Unidos, a maioria dos países que integram a região⁴ faz parte da União Europeia e tem harmonizado as questões regulatórias e patentárias em relação aos países desenvolvidos europeus. A similaridade étnica entre a população europeia e a norte-americana também é um atrativo interessante para os investimentos na região.

A Índia tem na língua, na alta qualificação dos pesquisadores e na capacidade de recrutamento de voluntários as principais vantagens que atraem as empresas. Entretanto, a legislação regulatória que diferenciava os testes clínicos realizados por empresas nacionais daqueles feitos pelas empresas estrangeiras era um fator criticado pelos grandes patrocinadores e CROs. A partir de 2005, o governo indiano editou novas leis com base na legislação internacional, sem estabelecer diferenciação em relação à origem do capital das empresas, além de passar a exigir testes realizados com Boas Práticas Clínicas (BPC) e Boas Práticas de Laboratório (BPL).

As mesmas questões regulatórias e patentárias continuam sendo as principais barreiras enfrentadas pela China para atrair as principais CROs. As diferenças culturais, em especial a língua, e a pouca similaridade étnica dos chineses em relação aos norte-americanos e europeus são outros fatores que dificultam a atração de testes clínicos pela China. As apostas de competitividade do país estão baseadas no baixo custo dos testes (70% inferiores) e na qualidade da formação dos pesquisadores.

⁴ República Tcheca, Hungria, Lituânia, Polônia, Eslováquia e Eslovênia.

Em relação aos testes pré-clínicos, em 2008 foi aprovado pelo FDA o primeiro ensaio pré-clínico feito fora dos países desenvolvidos. O estudo conduzido pela Bridge Laboratories foi realizado na China seguindo as BPLs. Essa aprovação abre uma oportunidade para o início do processo de construção de credibilidade de instituições localizadas nos países em desenvolvimento.

O objetivo desta seção é apresentar em mais detalhes as características do mercado de testes pré-clínicos, visando subsidiar a posterior avaliação da estrutura deste setor no Brasil. Os fatores de competitividade e as competências necessárias nessa indústria diferem daquelas imprescindíveis para pesquisa clínica, corroborando a necessidade de um entendimento mais profundo deste setor.

Testes pré-clínicos se referem a todas as atividades requeridas pelas agências regulatórias para comprovação da eficácia e segurança de novas drogas, após sua descoberta científica, mas antes de serem testadas em humanos. O principal objetivo nessa etapa de desenvolvimento de novos compostos é a avaliação toxicológica e os efeitos adversos em organismos vivos. Os testes são considerados de maior densidade tecnológica, e a qualificação do corpo técnico – em geral, mestres e doutores – da empresa é fundamental.

A importância dos testes pré-clínicos se deve, particularmente, à grande probabilidade de que um composto em desenvolvimento com problemas de segurança ou eficácia seja descartado ainda nessa etapa, representando um importante filtro da P&D de medicamentos. Entre a elaboração das formulações e os testes pré-clínicos, a chance de novos compostos chegarem ao mercado é inferior a 1%. O elevado grau de insucesso das novas drogas faz com que o objetivo do teste seja identificar e eliminar as drogas inapropriadas antes que sejam feitos muitos investimentos no composto. Realizar um teste pré-clínico com qualidade e eficiência significa redução expressiva dos custos de descoberta de uma nova molécula.

Com exceção das maiores CROs, as empresas que oferecem serviços de testes clínicos não conduzem testes pré-clínicos. Isso ocorre, basicamente, em razão do elevado nível de investimento em equipamentos e pessoal especializado para construção e manutenção da estrutura dos laboratórios e biotérios que envolvem os testes pré-clínicos. Ao contrário dos testes clínicos, que demandam uma rede mundial de relacionamento em hospitais e universidades e um ágil recrutamento de voluntários, os testes pré-clínicos exigem

Caracterização da Indústria de Testes Pré-Clínicos

ciência e infraestrutura sofisticadas. Não há, assim, economias de escopo entre as atividades.

As CROs pré-clínicas podem, desse modo, oferecer um serviço mais especializado, de acordo com áreas terapêuticas e formas de aplicação das drogas. Por outro lado, como desvantagem, muitas empresas preferem contratar CROs que possam conduzir tanto os testes pré-clínicos como os clínicos, facilitando o acompanhamento de todo o processo de desenvolvimento do novo medicamento.

O elevado grau de investimento, de qualificação da equipe e de credibilidade exigido das empresas que oferecem testes pré-clínicos implicam sérias barreiras à entrada de novos competidores no mercado e incentivam as grandes empresas farmacêuticas e, particularmente, as pequenas empresas de biotecnologia a contratar os serviços pré-clínicos de terceiros [Sahoo (2006)].

Nesse sentido, as empresas de biotecnologia são uma das principais fontes da demanda por testes pré-clínicos nas CROs. O aumento das pesquisas realizadas nessa área, associado às características do setor – empresas de pequeno porte, sem conhecimento específico das etapas de desenvolvimento (pré-clínico e clínico) e pequena infraestrutura interna –, obrigatoriamente as conduzem para a terceirização dos testes pré-clínicos. A apresentação dos medicamentos biotecnológicos em fases mais avançadas do desenvolvimento tem sido uma exigência crescente para as empresas de biotecnologia que buscam parcerias e contratos de licenciamento com grandes empresas farmacêuticas.

Além disso, produtos biotecnológicos normalmente contemplam moléculas grandes que requerem rotas especiais de administração, como injeção e inalação. Esses estudos demandam ensaios toxicológicos mais complexos, garantindo também maior receita para as empresas prestadoras de serviços.

A competição nesse setor se fundamenta principalmente na qualidade e agilidade dos testes, bem como na qualificação do corpo técnico. Uma reputação com credibilidade é a chave do crescimento de longo prazo das empresas, embora, nos últimos anos, o preço dos serviços prestados tenha influenciado significativamente a demanda das principais CROs. A competência dos pesquisadores empregados, a qualidade das informações dos testes requisitados e o preço são, em resumo, os principais fatores de competitividade no setor.

Dados os elevados custos fixos de manutenção dos biotérios e laboratórios, as empresas de testes pré-clínicos nos

países desenvolvidos operam em larga escala com objetivo de diluir os custos fixos. Os melhores indicadores para avaliar as perspectivas da indústria de testes pré-clínicos são o número de compostos no *pipeline* das empresas, que poderão demandar os serviços das CROs, o aumento dos gastos em pesquisa e desenvolvimento das empresas e o grau de diversificação dos produtos em desenvolvimento.

Entretanto, nos últimos dois anos, o maior risco para a indústria de CROs tem sido a redução do crédito às empresas de biotecnologia – setor bastante favorecido pela disponibilidade de capital de risco, em especial nos Estados Unidos, ao longo do período de alta liquidez no mercado internacional. A restrição do capital disponível às empresas de biotecnologia, decorrente da recente crise financeira internacional, provavelmente reduzirá a demanda por testes pré-clínicos. O possível cancelamento de projetos é um fator que tem preocupado os principais prestadores de serviços.

Segundo Kreger e Feldman (2004), a expectativa da indústria farmacêutica e de biotecnologia era investir, em 2005, US\$ 87 bilhões em pesquisa e desenvolvimento de novos medicamentos. Deste valor, 60% iria para atividades de desenvolvimento, que incluem as etapas de testes pré-clínico e clínico. Entre estas etapas, o estudo sugere que 21% (US\$ 12,5 bilhões) seria gasto nos testes pré-clínicos, e o restante, nos testes clínicos. A maioria dos testes pré-clínicos é realizada no interior das grandes empresas farmacêuticas e em cerca de 22,8% seriam contratadas as CROs. Como consequência, o tamanho estimado do mercado mundial de serviços pré-clínicos terceirizados estaria entre US\$ 2,8 bilhões e US\$ 3 bilhões em 2005.

De forma resumida, a etapa pré-clínica avalia a segurança e a eficácia dos compostos, realizando os seguintes testes:

Testes Exigidos

Testes de Segurança:

i) Testes toxicológicos: *in vitro* e *in vivo* para determinar os efeitos adversos dos compostos nos sistemas orgânicos (entre eles, cardiovascular, reprodutivo e imunológico) e alterações genéticas; e

ii) Química bioanalítica: mensura a presença de compostos na droga ou a existência de componentes moleculares em materiais como fluidos ou tecidos, para melhor entendimento dos testes toxicológicos.

Testes de Eficácia:

i) Análise farmacológica: testes *in vitro* e *in vivo* dos compostos com objetivo de observar a absorção, distribuição, metabolização e excreção. Eles verificam os efeitos da droga e os mecanismos de ação no organismo.

ii) Análise do produto e fabricação: análise química dos compostos em relação a estabilidade, pureza e aceitação em um processo de produção.

Os testes toxicológicos são o principal componente do desenvolvimento pré-clínico, constituindo, em média, 50% dos custos totais [Kreger e Feldman (2004)]. Os testes toxicológicos podem ser divididos em duas categorias – toxicologia geral e toxicologia especial – segundo a forma de administração da droga.

A toxicologia geral é o teste pré-clínico mais comum, envolvendo a administração oral em animais, na qual a droga é adicionada à comida, a água ou ao tubo de estômago. A toxicologia especial, por outro lado, envolve testes por rotas de administração mais complexas, como a de inalação ou de infusão. A tecnologia exigida para os testes especiais é mais sofisticada que a dos testes comuns, em razão dos equipamentos especializados para mensurar os efeitos no organismo. A demanda pela toxicologia especial é mais volátil, embora sua margem seja superior à da toxicologia geral.

É importante ressaltar que a duração dos testes toxicológicos pode variar entre dias e anos, de acordo com a aplicação pretendida para a nova droga, de uso ocasional ou contínuo. Para as drogas de uso ocasional, realizam-se testes chamados de *agudos*, em que é ministrada uma dose do medicamento, e o efeito da droga é observado no organismo após um período de dias ou semanas. Os medicamentos de uso contínuo demandam testes de longo prazo – chamados de *crônicos*, aplicados especialmente às doenças crônicas como o câncer.

Os testes listados são exigidos pela maior parte das agências reguladoras para aprovação do registro dos ensaios realizados. No entanto, há ainda um número elevado de testes realizados previamente aos regulatórios que visam verificar a segurança (ou não) do composto e sua atividade. A primeira verificação é chamada de prova de conceito ou testes exploratórios e possuem dois objetivos: a) descartar o mais cedo possível as drogas sem sucesso, evitando investimentos maiores nas etapas posteriores; e b) aprimorar o desenvolvimento das drogas para que, ao iniciar os testes regulatórios, suas características sejam as melhores possíveis.

Como não são submetidos às agências reguladoras, os testes exploratórios podem ser realizados em estruturas não certificadas em BPL. Por consequência, os testes exploratórios são mais baratos e têm um mercado significativo, pois representam o primeiro filtro dos testes pré-clínicos.

Para serem submetidos às principais agências regulatórias internacionais, os testes pré-clínicos devem seguir uma série de regras definidas pelas BPLs, que tratam da organização, do processo e das condições sob as quais os estudos de laboratório são planejados, monitorados, registrados e relatados. O objetivo das regras é garantir qualidade e rastreabilidade dos resultados da pesquisa [Webster (2005)].

As normas das Boas Práticas de Laboratório podem ser consideradas um sistema de qualidade aplicado aos laboratórios que desenvolvem estudos, pesquisas e novas formulações e que necessitem de registro para comercialização de produtos dos seguintes segmentos: produtos agrotóxicos, farmacêuticos, veterinários, cosméticos e alimentícios.

Para fins regulatórios, os laboratórios de testes pré-clínicos devem conduzir seus estudos segundo os princípios da BPL, estabelecidos pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), instituição que utiliza critérios aceitos pelos países-membros e associados, de forma que os resultados de testes realizados em diferentes países tenham qualidade comparável e sejam aceitos entre si. A realização de testes pré-clínicos em condições de BPL é critério eliminatório, mostrando a importância desse conjunto de regras para avaliação com qualidade da segurança e da eficácia dos novos medicamentos.

A OCDE estabelece os critérios e credencia periodicamente as instituições de avaliação de conformidade com o intuito de verificar se os laboratórios estão oferecendo serviços pré-clínicos com padrão BPL, de acordo com as práticas acordadas. O processo é chamado de acreditação e é definido como o reconhecimento formal por um organismo de acreditação de que um laboratório atende a requisitos previamente definidos e realiza suas atividades com confiança. Em geral, os certificados de acreditação são válidos por dois anos; vencido esse prazo, é realizada uma nova avaliação.

A acreditação BPL é condição necessária, mas não suficiente, para a aprovação dos ensaios pré-clínicos. Para submetê-los às agências reguladoras internacionais, é necessário também seguir guias internacionais que indicam, para cada tipo de ensaio,

Regulação Internacional

os testes toxicológicos exigidos para comprovação da segurança dos medicamentos, com objetivo de padronizar as pesquisas realizadas.⁵ Estes protocolos são conhecidos como *guidelines*.

Os guias internacionais mais conhecidos de testes pré-clínicos são o *red book* do FDA, os editados pela OCDE e aqueles publicados pela International Conference on Harmonization (ICH). O dossiê com os resultados dos ensaios pré-clínicos, realizados segundo os *guidelines* e com padrão BPL, é encaminhado às agências que, caso necessário, ainda inspecionarão a instituição responsável pela condução dos mesmos.

A criação e manutenção de animais em biotérios também são fortemente reguladas. Nesse caso, as normas são direcionadas para garantir a qualidade dos animais utilizados nos testes, isto é, assegurar que estejam livres de patologias, conhecidos como animais SPF (*specific pathogen free*). Muitas especificações de limpeza, higienização e climatização devem ser observadas. No Brasil, o órgão regulador dos biotérios é o Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (Concea), criado em 2008 com a aprovação da Lei Arouca.⁶

Em resumo, para submeter o registro dos testes pré-clínicos à aprovação das principais agências reguladoras internacionais, é necessário seguir as seguintes condições: a) processos do laboratório devem ser baseados em BPL, acreditados por instituições competentes; b) testes realizados devem seguir os *guidelines* de instituições reconhecidas e; c) os animais utilizados devem ser padrão SPF. As agências ainda podem visitar os laboratórios para comprovação e verificação da estrutura e dos processos seguidos nos ensaios analisados.

Aspectos da Indústria de Testes Pré-Clínicos no Brasil

Nos últimos anos, a indústria farmacêutica brasileira passou a encarar a pesquisa e desenvolvimento de novos medicamentos como uma estratégia importante para a sustentação e ampliação de sua participação no mercado. Exemplos bem-sucedidos de medicamentos desenvolvidos por empresas nacionais, como o Helleva, do Laboratório Cristália, e Acheflan, do Aché, indicam o esforço crescente nessa direção. Entretanto, é recorrente a crítica feita pela indústria sobre a falta de estrutura adequada para realização dos testes pré-clínicos no Brasil. O objetivo desta seção é

⁵ Como a comprovação da eficácia pode ser distinta para cada medicamento, dependendo de sua aplicação, a padronização por meio de protocolos é dificultada.

⁶ A Lei 11.794, conhecida como Lei Arouca, sancionada em outubro de 2008, após 13 anos de tramitação no Congresso Nacional, tem como objetivo estabelecer os critérios para utilização dos animais em pesquisas científicas no Brasil.

apresentar um panorama inicial desse setor no país, suas características e tendências.

Diferentemente das grandes empresas farmacêuticas multinacionais, as empresas brasileiras não possuem infraestrutura interna para a realização de testes pré-clínicos, o que as obriga a terceirizar essa etapa do desenvolvimento de novos medicamentos.

Para a discussão que se segue, a equipe do BNDES visitou as seguintes instituições: Bioagri, Tecam, Unitox, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). Vale ressaltar que essa alternativa complementa o limitado número de publicações sobre o tema no Brasil.

Todas as instituições visitadas são de capital nacional. Bioagri e Tecam são empresas privadas, cuja maior parcela do faturamento é proveniente dos testes para a indústria agroquímica e de alimentos, mas que também oferecem serviços para a indústria farmacêutica. As duas outras instituições – Unitox e UFSC – têm nos testes pré-clínicos para a indústria farmacêutica e suas atividades correlatas as principais fontes de receita, além de serem ligadas a universidades.

Foi possível observar que algumas instituições de testes pré-clínicos no país oferecem um serviço mais abrangente que a simples execução dos testes e protocolos exigidos pela regulação, mesmo que informalmente. Incluem uma espécie de orientação no próprio desenvolvimento dos medicamentos visando encontrar novas aplicações e indicar testes e vias de administração mais adequadas.

Essa função é muito relevante em vista do estágio atual da atividade de P&D na indústria farmacêutica nacional, cujo interesse no desenvolvimento de novos produtos é recente, decorrente de sua própria história.

Até a promulgação da lei de patentes brasileira em 1996, a maior parte das empresas farmacêuticas nacionais teve, na cópia de produtos, inclusive patenteados – os chamados medicamentos similares –, a base da competição e de seus lucros. A partir de então, as empresas foram impedidas de comercializar cópias de produtos com patentes vigentes e passaram a buscar alternativas. A aprovação da lei dos medicamentos genéricos em 1999 representou uma oportunidade de crescimento para as empresas nacionais.

De fato, nos últimos anos as maiores empresas brasileiras têm aumentado sua participação no mercado nacional, especial-

mente com a venda de genéricos, cuja participação no mercado total alcançou 16,8% das vendas em unidades em 2007. Nesse ano, a participação dos quatro maiores laboratórios nacionais em conjunto – EMS, Medley, Aché e Eurofarma – foi superior a 80% do faturamento do mercado de genéricos no Brasil [IMS Health (2009)]. Assim, o crescimento desse mercado permitiu a capitalização significativa dos maiores laboratórios nacionais.

Apesar de a estratégia competitiva de diferenciação de produtos predominar na indústria farmacêutica mundial, os medicamentos genéricos constituem um importante segmento de mercado baseado, sobretudo, em custos. Entretanto, a produção de medicamentos genéricos incorpora importantes competências tecnológicas nas empresas, pela obrigatoriedade de comprovação de equivalência farmacêutica e bioequivalência com os medicamentos de referência.⁷ O medicamento genérico deve conter o mesmo princípio ativo e forma farmacêutica que a droga de referência, mas o processo realizado para sua obtenção pode ser distinto. Ao pesquisar processos alternativos, as empresas adquirem conhecimentos que podem levá-las a processos mais competitivos e a melhorar ou descobrir usos diferentes para o medicamento.

Para a indústria farmacêutica nacional, a produção de genéricos representa uma evolução em termos de capacitações em relação aos medicamentos similares, que até 2003 não precisavam comprovar bioequivalência e biodisponibilidade relativa em comparação aos medicamentos de referência.⁸ Ainda assim, o mercado de produtos genéricos tende a apresentar barreiras à entrada de concorrentes menores que o dos produtos inovadores.

Observando esse cenário e com mais recursos em caixa, as maiores empresas nacionais iniciaram um movimento mais efetivo de P&D de novos medicamentos ou de novos usos de moléculas conhecidas. Como ressaltado no início do trabalho, o processo não é simples, exigindo diversas competências em cada etapa do desenvolvimento dos medicamentos.

Por essas razões, a maioria das empresas encontra-se em processo de aprendizado, não tendo ainda internalizado todas

⁷ *Equivalência farmacêutica é o teste que comprova que o medicamento genérico possui o mesmo princípio ativo, na mesma quantidade e com as mesmas características do seu medicamento de referência. O teste de bioequivalência consiste na demonstração de que o medicamento genérico e seu respectivo medicamento de referência apresentam a mesma quantidade e velocidade de absorção do princípio ativo na corrente sanguínea (biodisponibilidade), com objetivo de comprovar a eficácia clínica e segurança.*

⁸ *A obrigatoriedade foi regulada pelas RDCs 133 e 134, editadas em 2003 pela Anvisa, que estabeleceram prazos para adequação dos produtos similares às novas regras.*

as competências necessárias para elaborar de forma independente seus próprios protocolos para condução de testes pré-clínicos. Este auxílio no desenvolvimento dos novos medicamentos por parte dos prestadores de serviços, realizado por meio de testes exploratórios ou provas de conceito, é um mercado relevante da pesquisa no Brasil, incluindo serviços prestados nas universidades.

Apesar da dificuldade de quantificação da demanda existente, com base nas visitas realizadas, percebe-se que a demanda atual por testes pré-clínicos por parte da indústria nacional não sustenta, de forma isolada, as empresas prestadoras desses serviços. Por isso, é necessário ter economias de escopo nos testes, como aqueles oferecidos para outras indústrias além da farmacêutica (como por exemplo, agroquímica e alimentos), ou incluir serviços complementares para desenvolvimento das novas moléculas.

Um modelo alternativo para sustentar a atividade no país seria sua inserção no mercado mundial, atraindo para o país parte da demanda internacional de testes realizados pelas empresas estrangeiras. Como demonstrado na seção anterior, o crescente movimento das CROs em direção aos países em desenvolvimento abre oportunidades para o país. O principal atrativo seriam os preços dos serviços prestados, cerca de 50% inferiores aos praticados nos Estados Unidos e Europa.

Do ponto de vista de desenvolvimento industrial, a instalação de infraestrutura para a prestação de serviços pré-clínicos traz externalidades positivas para o país. A interação entre as CROs e a indústria local tende a promover um aprendizado comum, gerando a agregação de competências inovativas às empresas farmacêuticas.

Entretanto, é necessário haver um período de construção de credibilidade, até que as agências reguladoras internacionais passem a aceitar os ensaios pré-clínicos realizados pelas CROs do país e esse possa ser um atrativo para as empresas. O Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro) é o responsável pela acreditação em BPL para diversos setores da economia no Brasil, entre eles os laboratórios prestadores de serviços pré-clínicos. O Inmetro está em processo de certificação na OCDE, adaptando-se aos parâmetros definidos por essa organização multilateral. Essa aprovação será importante para que a acreditação do Inmetro seja também reconhecida internacionalmente.

Além da apresentação de estudos em BPL, um segundo passo seria a construção de um histórico de testes realizados pelas CROs nacionais e aprovados por agências regulatórias internacionais. As duas condições, em conjunto, poderão fornecer segurança

às empresas farmacêuticas e de biotecnologia que desejem colocar seus produtos no mercado internacional.

Para isso, será necessário constituir um marco regulatório nacional para testes pré-clínicos. Como a atividade de desenvolvimento de medicamentos é nascente, também a regulação deste tema no Brasil está em processo de elaboração. A Anvisa ainda não exige Boas Práticas de Laboratório dos testes conduzidos no país. Como ressaltado, trata-se de uma tendência internacional que traz benefícios em termos de rastreabilidade e segurança dos dados gerados. As instituições visitadas possuem ou estão em processo de acreditação em Boas Práticas de Laboratório no Inmetro.

A Anvisa está elaborando um guia para a condução dos testes pré-clínicos de segurança. A ideia da agência é disponibilizá-lo e sinalizar para o mercado os princípios que deverão ser adotados pelo órgão. Com a evolução dessa atividade no país, a tendência é que essas orientações se tornem exigências. Segundo a agência, o guia busca uma harmonização com os principais *guidelines* internacionais, visando à racionalização do uso de animais em ensaios pré-clínicos e respeitando o estágio de desenvolvimento da indústria farmacêutica nacional.

Boa parte da estrutura existente para a realização de testes pré-clínicos no país está inserida nas universidades públicas. Por ser uma indústria que exige processos e produtos padronizados, a estrutura pública apresenta dificuldades para a prestação dessa classe de serviços. Além disso, nas universidades, a condução paralela das atividades de prestação de serviços com as atividades de pesquisa torna complexa a operação de processos mais exigentes como as Boas Práticas de Laboratório.

Considerações Finais

A crescente pressão de custos imposta à indústria farmacêutica internacional, decorrente do aumento dos custos regulatórios e da redução da produtividade da P&D de novos medicamentos indicam a sustentação do crescente movimento da terceirização das atividades de P&D na indústria farmacêutica mundial. O mercado global das prestadoras de serviços de P&D cresce entre 10 e 15% ao ano, devendo alcançar em 2009 o valor expressivo de US\$ 22 bilhões.

Das diversas etapas do processo de desenvolvimento, os testes pré-clínicos representam o maior filtro no desenvolvimento de novos compostos. A atividade exige elevados investimentos fixos, em máquinas e instalações, e uma qualificada capacidade técnica e de ciência. A regulação internacional é complexa, exigindo o

cumprimento de Boas Práticas de Laboratório, a realização de testes de acordo com os principais guias internacionais e a utilização de animais livres de patologias.

Os principais fatores que influenciam a demanda futura por testes pré-clínicos são o número de compostos no *pipeline* das empresas farmacêuticas e de biotecnologia, o aumento dos gastos em P&D dessas empresas e a diversificação dos produtos em desenvolvimento.

No Brasil, há um movimento recente das empresas nacionais em direção à P&D de novos medicamentos, mas a demanda interna por testes pré-clínicos ainda é incipiente. Pelo estágio e volume atual das pesquisas, a maioria das instituições prestadoras de testes pré-clínicos possui um escopo maior de serviços, seja por meio de testes exploratórios e de conceito, seja no atendimento a outras indústrias. Essa estrutura parece ser compatível com as atuais atividades de P&D desenvolvidas pela indústria farmacêutica nacional.

Ao mesmo tempo, o Inmetro e a Anvisa caminham em direção à harmonização com a legislação internacional, respeitando o período de adaptação da indústria brasileira. Os avanços estão ocorrendo, de forma concomitante, entre as empresas farmacêuticas, os prestadores de serviço pré-clínico e os órgãos regulatórios.

Com base nessas observações, conclui-se que para orientar a atuação do BNDES no apoio às instituições prestadoras de serviços pré-clínicos devem ser ressaltadas: a) a sustentabilidade do negócio, com especial atenção às estimativas de demanda, modelo de gestão e escopo de serviços a serem oferecidos; b) a contribuição para o aprendizado da indústria farmacêutica e de biotecnologia nacional no desenvolvimento de novos produtos, decorrente da interação entre a indústria e os prestadores de serviço e; c) a adoção de Boas Práticas de Laboratório.

BURRILL & COMPANY. *Biotech 2008. Life Sciences: a 20/20 Vision to 2020*. 22nd Annual Report on the Industry, cap. 2, 2008.

FURTADO, J. E. M. P. et al. *Trajetórias de desenvolvimento baseadas em inovação: o setor farmacêutico na política industrial brasileira*. X Encontro de Economia da Região Sul, Porto Alegre, 2007.

KALORAMA. "Outsourcing in drug development: The CRO market". *Kalorama Information*, vol. II, Nova York, 2008.

KREGER, J. & FELDMAN, N. *From mice to men: a preclinical outsourcing market update*. Chicago: William Blair & Company, 2004.

Referências

PAREXEL. *Parexel's pharmaceutical R&D statistical sourcebook – 2005/2006*. Waltham, MA: Parexel International Corporation, 2005.

PAVITT, K. "Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory". *Research Policy*, v. 13, n. 6, p. 343-373, 1984.

PRICEWATERHOUSECOOPERS. *Pharma 2020: the vision. Which path will you take?*, 2007.

QUENTAL, C. *Pesquisa clínica para avaliação de medicamentos: Capacitação nacional para apoiar o processo de inovação farmacêutica*. Relatório de Pesquisa, Projeto Inovação em Saúde (Fiocruz), Rio de Janeiro, 2006.

SAHOO, A. "Pharmaceutical outsourcing strategies: market expansion, offshoring and strategic management in the CRO and CMO marketplace". *Business Insights*, 2006.

SPIPKER, B. A. *The drug discovery, development and approval process. New drugs approvals in 2001*. Washington, D.C.: PhRma, 2001.

WEBSTER, G. K. et al. "Considerations when implementing automated methods into GxP Laboratories". *Journal of the Association Laboratory Automation*, 2005.

Sites Consultados

ANVISA – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 15 de janeiro de 2009.

AXA FRAMLINGTON. Disponível em: <<http://www.axaframlington.com/>>. Acesso em: 12 de janeiro de 2009.

ACRO – ASSOCIATION OF CLINICAL RESEARCH ORGANIZATION. Disponível em: <<http://www.acrohealth.org/>>. Acesso em: 5 de janeiro de 2009.

CICRP – THE CENTER FOR INFORMATION AND STUDY ON CLINICAL RESEARCH PARTICIPATION. Disponível em: <<http://www.cisr.org/>>. Acesso em: 13 de janeiro de 2009.

DNDI – DRUGS FOR NEGLECTED DISEASES INITIATIVE. Disponível em: <<http://www.dndi.org.br/Portugues/default.aspx>>. Acesso em: 6 de janeiro de 2009.

FDA – FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. Disponível em: <<http://www.fda.gov/>>. Acesso em: 5 de janeiro de 2009.

IMS HEALTH. Disponível em: <<http://www.imshealth.com>>. Acesso em: 20 de janeiro de 2009.

INMETRO – INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/index.asp>>. Acesso em: 4 de janeiro de 2009.

PhRMA – THE PHARMACEUTICAL RESEARCH AND MANUFACTURERS OF AMERICA. Disponível em: <<http://www.phrma.org/>>. Acesso em: 7 de janeiro de 2009.

PANORAMA DA CADEIA PRODUTIVA TÊXTIL E DE CONFECÇÕES E A QUESTÃO DA INOVAÇÃO

Ana Cristina Rodrigues da Costa
Érico Rial Pinto da Rocha*

** Respectivamente, gerente e estagiário do Departamento de Bens de Consumo, Comércio e Serviços da Área Industrial do BNDES. Os autores agradecem a colaboração de Abidack Raposo Correa (assistente técnico-administrativo do Departamento de Bens de Consumo, Comércio e Serviços) e as contribuições dos representantes das empresas visitadas e da Associação Brasileira da Indústria Têxtil (Abit).*

SETOR TÊXTIL E CONFECÇÕES

Resumo

Ao longo dos anos 2000, o Brasil tem perdido competitividade e mercado no setor têxtil e de confecções. Apesar de um forte crescimento do consumo mundial de têxteis e confeccionados, a participação do país no comércio mundial declinou de 0,7%, em 1997, para 0,3%, em 2007. Além disso, houve acirramento da competição global, tendo em vista o crescimento exponencial dos produtos asiáticos no comércio internacional, em especial da China. Nessa conjuntura, tornou-se fundamental para a sobrevivência das empresas da cadeia têxtil e de confecções desenvolver estratégias competitivas diferenciadas, baseadas na utilização da inovação tecnológica como um instrumento relevante para inserção no mercado mundial.

Nesse contexto, o presente estudo tem por objetivo apresentar um resumido panorama nacional e internacional da cadeia produtiva têxtil e de confecções na década de 2000, enfocando a necessidade de desenvolver atividades inovativas como um instrumento fundamental para a estratégia competitiva das empresas dessa cadeia produtiva no Brasil.

Em setembro de 2000, foi lançado o estudo “Panorama do setor têxtil no Brasil e no mundo: reestruturação e perspectivas” [Gorini (2000)], que trouxe um abrangente olhar sobre a competitividade da cadeia têxtil e de confecções (doravante cadeia TC), identificando seus gargalos e perspectivas.

Naquele momento, a cadeia TC respondia por 14% dos empregos gerados na indústria brasileira e realizou, ao longo da década de 1990, importantes investimentos em modernização e expansão. A participação no comércio mundial de TC representava 0,7%, sendo as exportações do elo têxtil a parcela mais relevante, apesar de o elo confecções apresentar o maior crescimento em termos do valor mundial exportado. Os gargalos na cadeia TC brasileira, conforme Gorini (2000), eram os seguintes:

Com relação à grande parcela das empresas:

- ausência de parcerias estratégicas, de redes integradas de empresas, tanto no varejo quanto com fornecedores, para desenvolvimento de novos produtos, aquisição de matérias-primas etc.;
- baixa informatização e ausência de sistemas de *quick response*;
- dificuldades para produzir em lotes menores e pouca agilidade;
- comercialização ineficiente, pequena equipe de vendas e inexperiência no mercado internacional; e
- baixos investimentos para o desenvolvimento de produto e *design*.

Com relação aos segmentos específicos:

- confecção: baixos investimentos em modernização tecnológica. A grande informalidade prejudicava a eficiência produtiva, reduzindo o tamanho das empresas e a capacidade de investimento;
- fibras/filamentos químicos: as escalas eram consideravelmente baixas e o fluxo de produção descontínuo em grande parte das plantas industriais instaladas no país; havia problemas de abastecimento das principais matérias-primas e elevados custos de transporte; muitas empresas abandonaram os investimentos na área têxtil, em função de sua baixa rentabilidade.

Passados oito anos, verificou-se que os gargalos não foram superados e que a participação do Brasil no comércio mundial de TC caiu para 0,3% em 2007, apesar do crescimento do consumo global no período. Contudo, a importância da cadeia TC permanece, já que em 2007 respondeu por 17,3% dos empregos gerados na indústria de transformação brasileira.

O presente estudo atualiza o panorama da cadeia e enfoca a necessidade de desenvolver atividades inovativas como um instrumento fundamental de sua estratégia competitiva.

As empresas devem procurar substituir produtos velhos, diversificar a gama de produtos oferecidos e melhorar constantemente o desempenho dos mesmos. Para isso devem desenvolver novas tecnologias ou melhorar e adaptar, de maneira criativa, tecnologias existentes às necessidades de produção da empresa. Deve-se inovar também nos processos, para ser mais competitivo na redução de custos, no aumento da qualidade, na melhoria das condições de trabalho, na preservação do meio ambiente e na produtividade da empresa como um todo [MBC (2008)].

Este estudo está dividido em três seções, além desta introdução e das considerações finais. Na primeira seção, apresenta-se o panorama internacional da cadeia TC, com a descrição de sua estrutura produtiva e das estratégias competitivas. A segunda seção mostra o panorama da cadeia TC brasileira, discutindo a inserção do Brasil no comércio internacional e as principais mudanças ocorridas na última década no país. A terceira trata da questão da inovação na cadeia, apresentando os movimentos globais e o perfil das empresas com atividades inovativas no Brasil, por meio da análise da Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica (Pintec) de 2005, realizada pelo IBGE, e de visitas realizadas em empresas.

Panorama Internacional da Cadeia Têxtil e de Confecções

Estrutura da Cadeia Produtiva

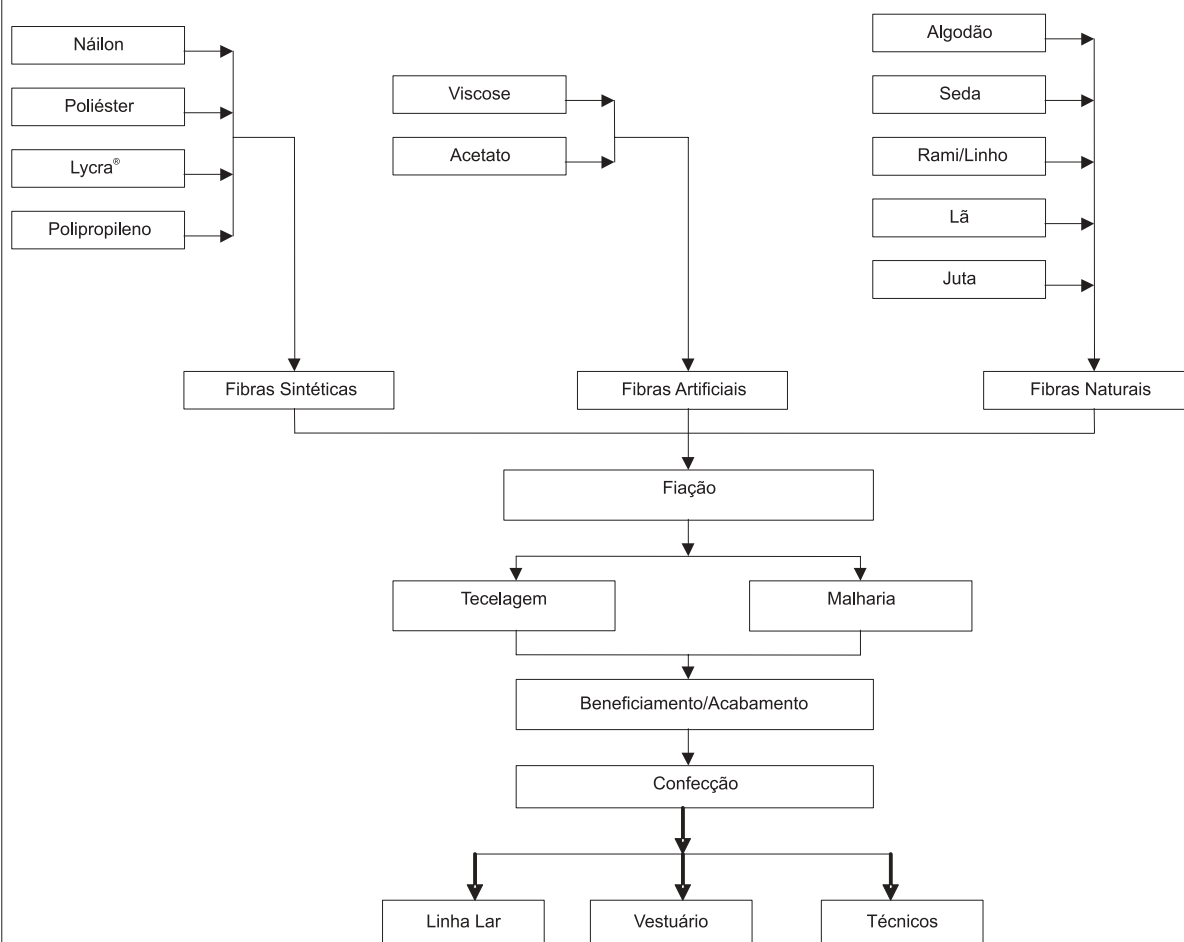
A cadeia produtiva TC é formada por diversos segmentos industriais que são autônomos, cuja interação, porém, é fundamental para a sua organização. Como descrito pela análise setorial do *Valor Econômico*, a estrutura da cadeia é a seguinte:

Os negócios do setor se iniciam com a matéria-prima (fibras têxteis), sendo transformada em fios nas fábricas de fiação, de onde seguem para a tecelagem (que fabrica os tecidos planos) ou para a malharia (tecidos de malha). Posteriormente, passam pelo acabamento para finalmente atingir a confecção. O produto final de cada uma dessas fases é a matéria-prima da fase seguinte. (...)

Na etapa final, os produtos podem chegar ao consumidor em forma de vestuário ou de artigos para o lar (cama, mesa, banho, decoração e limpeza). Além desses usos tradicionais, os tecidos

Figura 1

Estrutura da Cadeia Produtiva Têxtil e de Confecções



Fonte: Elaboração do BNDES.

também podem ser destinados ao uso industrial (filtros de algodão, componentes para o interior de automóveis, embalagens etc.) [Valor Econômico (2006)].

Há ainda a interface com a indústria química, dada a necessidade de insumos químicos para diversos tipos de tratamento desde as fibras até os bens acabados, e a indústria de bens de capital, tendo em vista as máquinas e equipamentos que perpassam toda a cadeia. A Figura 1 apresenta o fluxograma resumido da estrutura produtiva da cadeia têxtil e de confecções.

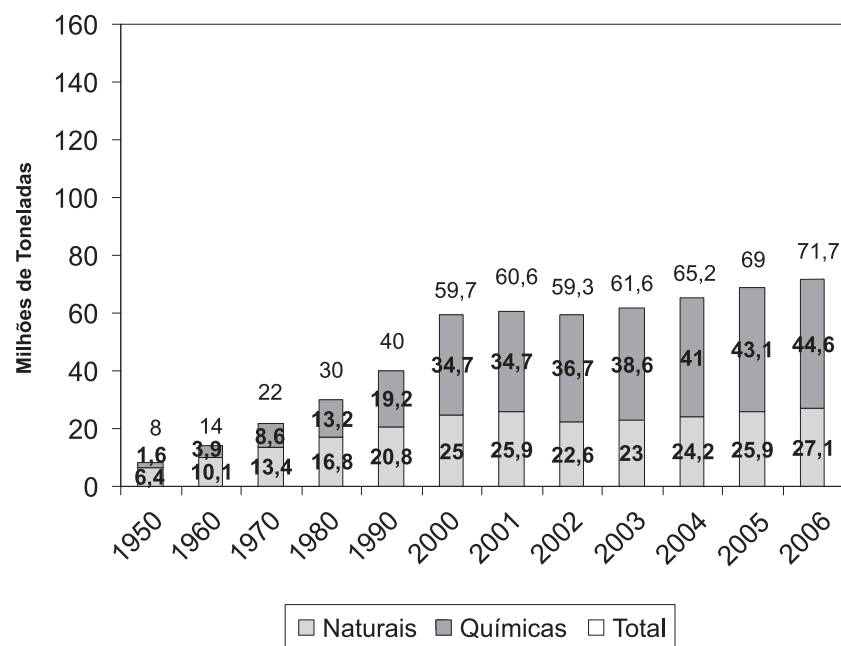
A produção mundial da cadeia TC pode ser medida pelo consumo industrial de fibras e filamentos, que passou de 59,7 milhões de toneladas, em 2000, para 71,7 milhões de toneladas, em 2006.

A Produção Mundial

Até 1990, o consumo de fibras naturais era superior ao de químicas, mas essa relação vem se invertendo. Entre 1990 e 2000, o consumo de fibras químicas aumentou 81% e o de fibras naturais, apenas 20%. Já entre 2000 e 2006, os aumentos foram de 29% e 8%, respectivamente. Em 2006, do total consumido no mundo, 62% foi de fibras químicas (sintéticas e artificiais), conforme apresentado no Gráfico 1.

Gráfico 1

Consumo Mundial de Fibras Têxteis



Fonte: Iemi (2008).

A aceleração da integração dos mercados mundiais e o aumento da concorrência internacional, com a progressiva redução das barreiras tarifárias e outras salvaguardas internacionais de comércio, acarretaram redução nos preços dos artigos TC, bem como mudanças na organização mundial da produção.

Acentua-se a tendência de deslocamento de parcela significativa da produção de artigos da cadeia TC dos países desenvolvidos (Estados Unidos, União Europeia e Japão) para países emergentes da Ásia, Leste Europeu, Norte da África e Caribe. O incentivo fundamental para esse deslocamento é a busca por re-

dução de custos de produção, principalmente relacionados à mão-de-obra.¹

A produção mundial de têxteis² foi de cerca de 68 milhões de toneladas em 2006, com base no consumo mundial de fibras e filamentos desse mesmo ano. A China (incluindo Hong Kong) foi a principal produtora mundial, respondendo por 43,4% da produção mundial, seguida por Estados Unidos (7,9%), Índia (7,1%), Paquistão (6,1%) e Taiwan (2,7%).

Considerando somente a produção de vestuário, segmento no qual o custo da mão-de-obra é variável fundamental na competitividade, os três principais produtores mundiais estão localizados na Ásia – China/Hong Kong (43,5% do total produzido), Índia (6,3%) e Paquistão (3,7%).

Nesse contexto, as empresas dos países desenvolvidos orientam cada vez mais sua produção na direção das etapas com maior valor agregado da cadeia, como *design*, organização da produção e *marketing*. São polos orientadores da moda mundial e buscam competir pela diferenciação de produtos e pela conquista de nichos específicos de mercado. Esse comportamento segue também uma tendência dos consumidores de busca por roupas com marcas e significados específicos, e não somente preços baixos. Dessa forma, aumenta significativamente a importância dos desejos e limites financeiros do consumidor final como guia fundamental da estratégia competitiva de mercado.

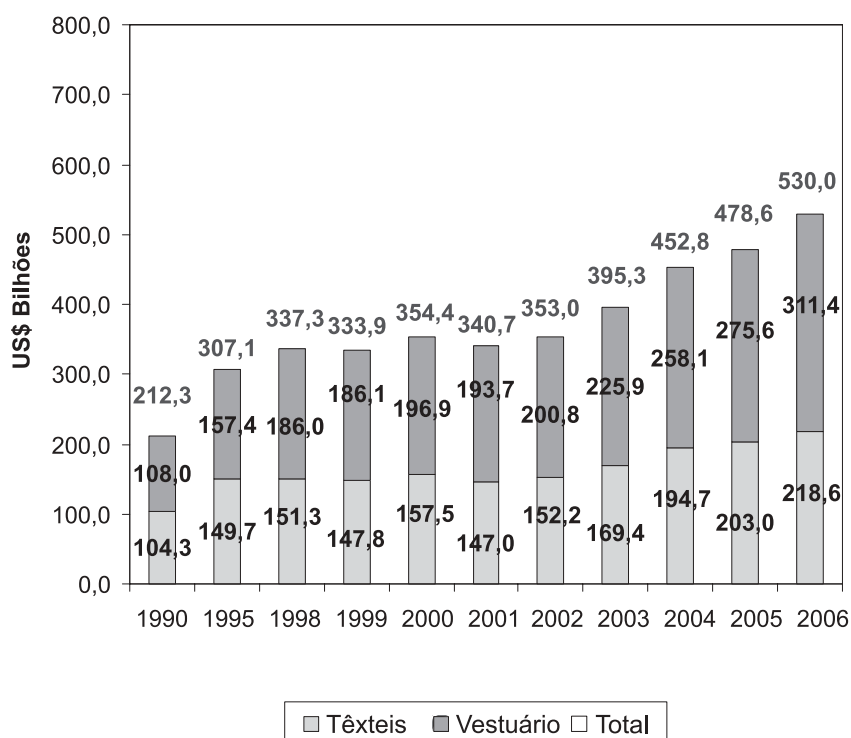
Em 2006, o comércio internacional de produtos da cadeia TC atingiu o montante de US\$ 530 bilhões, um aumento de 50% em relação a 2000 e de 150% em relação a 1990. Em termos do valor total comercializado, mantém-se o crescimento do segmento vestuário em proporções maiores que os têxteis, dado o maior valor agregado de seus itens. Entre 1990 e 2006, o crescimento do segmento de vestuário foi de 188%, enquanto o dos têxteis foi de 109%, conforme o Gráfico 2.

O Comércio Internacional

¹ Conforme Boletim nº 29 do Instituto de Estudos e Marketing Industrial (Iemi), de agosto de 2008, o custo da mão-de-obra no setor de confecções, em dólar/hora, apresenta os seguintes valores nos países: Itália – 20,05; Estados Unidos – 16,92; Brasil – 3,27; China (interior) – 0,55; Vietnã – 0,46; e Bangladesh – 0,28.

² Inclui fios, filamentos, tecidos, malhas, artigos da Linha Lar, especialidades e confeccionados.

Gráfico 2

Comércio Internacional de Têxteis e Vestuário

Fonte: Iemi (2008).

Em 2006, a China respondia por 27,2% do total das exportações mundiais de artigos TC, seguida por Hong Kong (8%), Alemanha (6,5%) e Itália (5,7%). Em relação às importações, os Estados Unidos são o maior comprador global, respondendo por 20,1% do total mundial.

No segmento vestuário, os países desenvolvidos respondiam por 80% do total consumido em 2006. Os Estados Unidos representavam 26,6% das importações, seguidos por Alemanha (8,4%) e Japão (7,7%). Considerando somente os têxteis, a liderança também é dos Estados Unidos (11% das importações mundiais), mas a China aparece como o segundo maior importador (7,4% do total), pois, apesar de ser a maior produtora mundial de algodão, precisa importar essa fibra em larga escala para atender a sua crescente demanda interna.

Um fator relevante para o crescimento da China no comércio internacional foi o fim do Acordo de Têxteis e Vestuários (ATV) em 2005, quando foram abolidas restrições quantitativas às importações de artigos TC. As exportações chinesas para o mundo passaram de 8% do total exportado, em 1995, para 25%, em 2006.

A China é o principal *player* global no mercado TC internacional. Segundo Rangel (2008), a elevada competitividade da cadeia TC chinesa pode ser explicada da seguinte forma:

A indústria têxtil *stricto sensu* é uma indústria de baixa tecnologia, não havendo fortes barreiras à entrada. A tecnologia é difundida e disponível no mercado mundial. Entre as empresas líderes dos diferentes países, não há um distanciamento tecnológico radical. Por essa razão, os dois insumos do processo produtivo – mão-de-obra e matéria-prima – desempenham um papel crucial na definição da competitividade dessa indústria. A mão-de-obra, na China, é superabundante e de baixo custo. No caso das matérias-primas, algodão e poliéster, a China também goza de uma situação privilegiada, principalmente no que diz respeito ao poliéster. Além disso, produz domesticamente máquinas têxteis de última geração.

Além disso, a cadeia TC chinesa é moderna, fruto de altos investimentos (à China foram destinadas 70% das máquinas vendidas no mundo nos últimos anos), e integrada, além de controlar determinadas etapas do processo produtivo e possuir sistemas de financiamento para a comercialização.

A China também tem adotado uma política extremamente agressiva para a conquista de mercados externos. A estratégia é a da concorrência via preços, com exportação de grandes volumes de produtos padronizados, porém não necessariamente de baixa qualidade. Por exemplo, empresas com marcas reconhecidas internacionalmente pelo padrão de qualidade compram mercadorias produzidas ou instalam suas fábricas em território chinês, caso da francesa Pierre Cardin, que em 2006 já possuía 34 fábricas no país.

Esse crescimento chinês fomentou a criação de novos mecanismos de defesa das indústrias nacionais, principalmente nos países desenvolvidos, tais como manutenção de elevadas tarifas para importação, adoção de barreiras não-tarifárias (medidas trabalhistas e ambientais) e adoção de ações *anti-dumping*. Há também os acordos comerciais bilaterais que procuram garantir parcerias estratégicas e acesso diferenciado aos mercados dos países desenvolvidos.

O processo de liberalização do comércio na cadeia TC, com o consequente acirramento da concorrência internacional, redefiniu as estratégias competitivas das empresas. Conforme Rangel (2008), com o processo de reestruturação, as etapas de produção se autonomizam para se ajustar às novas condições de mercado e aproveitar as vantagens oferecidas, o que conduz a uma fragmentação da cadeia. As empresas, em qualquer elo da cadeia, passam a

Estratégias Competitivas e Reestruturação da Cadeia Produtiva

importar livremente e, dependendo dos preços relativos, recorrem às importações, em vez de produzir ou adquirir no mercado doméstico.

Essas mudanças aumentaram a relevância das atividades na ponta da comercialização e do papel das marcas na determinação das tendências de mercado, com o aumento do número de coleções lançadas por ano, o que exige uma resposta rápida das estruturas a montante da cadeia.³

Cada vez mais a marca, o *marketing*, os canais de distribuição e de comercialização tornam-se elementos cruciais nas estratégias das empresas. Monteiro Filha e Santos (2002) descrevem os modelos de organização de empresas vigentes na cadeia TC mundial:

- **Produtores com Marca:** empresas cujas operações eram verticalizadas (da compra de tecidos até a comercialização), que foram gradualmente mudando o foco para as atividades mais a jusante na cadeia, como *design*, *marketing* e comercialização, contratando parte da produção. Tais empresas buscam tendências e gostos dos consumidores e utilizam intensivamente os recursos propiciados pelas novas tecnologias de informação. Podem ter papel importante no relacionamento com as empresas fornecedoras de fibras e insumos químicos, no desenvolvimento de novas fibras e tecidos para as confecções. Os exemplos mais emblemáticos mundialmente são a americana Levi Strauss & Co. e a europeia Benetton.
- **Comercializadores com Marca:** suas competências estão focadas em *design* e comercialização, e as atividades produtivas são totalmente subcontratadas. Nesse caso, o subcontratado deve ter as competências necessárias para fornecer os produtos de acordo com as especificações do comercializador, que, em geral, cria sistemas de auditoria para certificação da qualidade e testa o produto em condições laboratoriais. Um exemplo é a americana Liz Claiborne.
- **Varejistas:** são as grandes redes de distribuição (supermercados, hipermercados e redes especializadas do varejo de roupas), que privilegiam empresas de confecção que adotem estratégias de padronização, alta escala e preços baixos. Essas empresas concentram-se nas funções de gestão de marcas e negociação com fornecedo-

³ Essa tendência de mudanças rápidas na moda, conjugada à diferenciação do produto, é crucial para impedir a invasão de produtos asiáticos, pois a velocidade das mudanças e a distância física dos centros de consumo dificultam a chegada desses produtos em tempo hábil para ainda estarem na moda.

res; casos típicos são as americanas The Gap e Victoria's Secret e as europeias C&A e Marks & Spencer.

Com relação às estratégias competitivas da cadeia TC, Prochink (2002) as dividiu por grupos de países da seguinte forma:

1. Os países desenvolvidos buscam:

- inovações tecnológicas ao nível da cadeia (gestão de fornecedores), produtos (ampliação do conteúdo tecnológico) e processos (automação e escala);
- inovações mercadológicas, com maior conformidade à moda e reforço das marcas comerciais, procurando manter seu papel como contratantes responsáveis pela marca e pelo desenho;
- dentro de cada elo, especialização em segmentos mais intensivos em capital; e
- entre elos, transferência para países vizinhos de processos produtivos em que são menos eficientes.

2. Os países em desenvolvimento mais bem-sucedidos na cadeia desejam:

- empregar as mesmas técnicas que os desenvolvidos, seguindo de perto com custo mais baixo as inovações tecnológicas e tendências comerciais que se consolidam;
- transferir processos produtivos em que são menos eficientes para países vizinhos ou vizinhos de seus mercados de exportação;
- direcionar esforços para aumentar o grau de autonomia frente aos compradores, passando de fornecedores de empresas OEM⁴ para vendedores dos seus próprios desenhos e, se possível, das próprias marcas.

3. Os países em desenvolvimento com menor renda *per capita* pretendem:

- ampliar sua participação na produção das etapas mais intensivas em mão-de-obra, integrando-se a cadeias internacionais de produção e comercialização;

⁴ *Original equipment manufacturer – fornecedor de pacote completo.*

- aprimorar paulatinamente produtos e processos, de forma a aumentar o valor dos produtos vendidos e evitar que a produção se desloque para concorrentes;
- criar base empresarial e expandir suas empresas, possivelmente valendo-se da concorrência entre compradores no mercado internacional para aumentar seu grau de autonomia, passando de montadores para empresas que vendem seus produtos em regime de OEM.

O Brasil, contudo, não se encaixa em nenhum desses grupos, por ser um participante menor no comércio internacional da cadeia TC, como veremos a seguir.

Retrato da Cadeia no Brasil

A Posição do Brasil no Comércio Internacional

O Brasil é o sexto produtor mundial de têxteis e confeccionados e respondeu por cerca de 2,5% da produção em 2006. Contudo, no que tange ao comércio mundial, encontra-se na 46ª posição entre os maiores países exportadores e na 43ª entre os maiores importadores.

Considerando-se somente o segmento vestuário, o mais dinâmico do comércio mundial da cadeia TC, o país cai para a 69ª posição entre os países exportadores e a 51ª, entre os importadores. O Brasil é um país “produtor/consumidor”, cuja maior parte da produção se destina ao mercado interno.

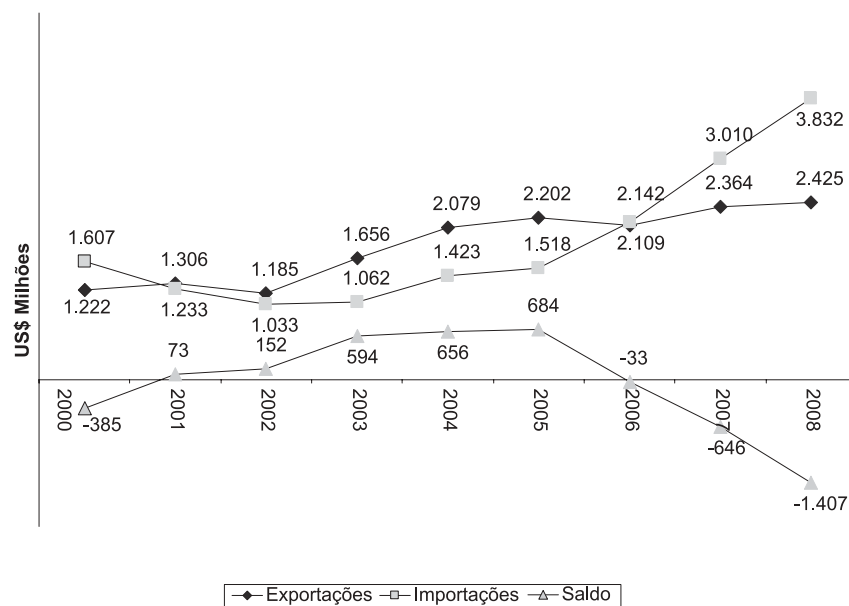
De acordo com Rangel (2008), o comportamento das importações e exportações brasileiras obedeceu ao comportamento da taxa de câmbio e da grande expansão do comércio internacional na última década. As exportações cresceram entre 2000 e 2005, em decorrência da expansão da demanda mundial, apesar da valorização cambial iniciada em 2004. Já as importações declinaram de 2000 a 2002 e só voltaram a crescer com a valorização cambial, conforme Gráfico 3.

Após cinco anos com superávits, a balança comercial brasileira apresentou déficits em 2006 (US\$ 31 milhões), 2007 (US\$ 640 milhões) e 2008 (US\$ 1,4 bilhão), em função da manutenção da valorização do Real no período e do fim do ATV em 2005.

Os principais produtos da pauta de exportação nacional são de fibras naturais (além do algodão puro), tais como tecidos planos e a Linha Lar, ao passo que os principais produtos importados são os filamentos de poliéster e os tecidos planos sintéticos.

Gráfico 3

Balança Comercial Brasileira de Produtos Têxteis e Confeccionados



Fonte: Abit (2008).

O principal destino das exportações brasileiras⁵ é a Argentina, com 27,5% do total exportado em 2007, seguida pelos Estados Unidos, com 26,2%. Se dividirmos as exportações por segmentos, os Estados Unidos são o principal destino de vestuário, meias e acessórios e têxteis para o lar, sendo superados pela Argentina somente nos manufaturados têxteis.⁶

Vale ressaltar, porém, que o *ranking* dos parceiros comerciais brasileiros foi diretamente influenciado pelo fim do ATV, pois, até 2005, os Estados Unidos eram o principal destino das exportações. Com o fim das cotas, a China ganhou boa parte do mercado americano, diminuindo a participação das empresas brasileiras no país. Assim, o Brasil ampliou sua participação com a América Latina, para onde foram destinadas, em 2006, 53,4% das exportações, sendo 31,3% para o Mercosul.

Com relação às importações,⁷ a China é a principal parceira comercial do Brasil, com um crescimento exponencial na pauta brasileira. Segundo Mendes (2007), em 1989 a China não integrava a lista dos dez maiores exportadores para o Brasil, em 1994 passou a ocupar o sétimo lugar (3,7%), em 1995 sua participação já era

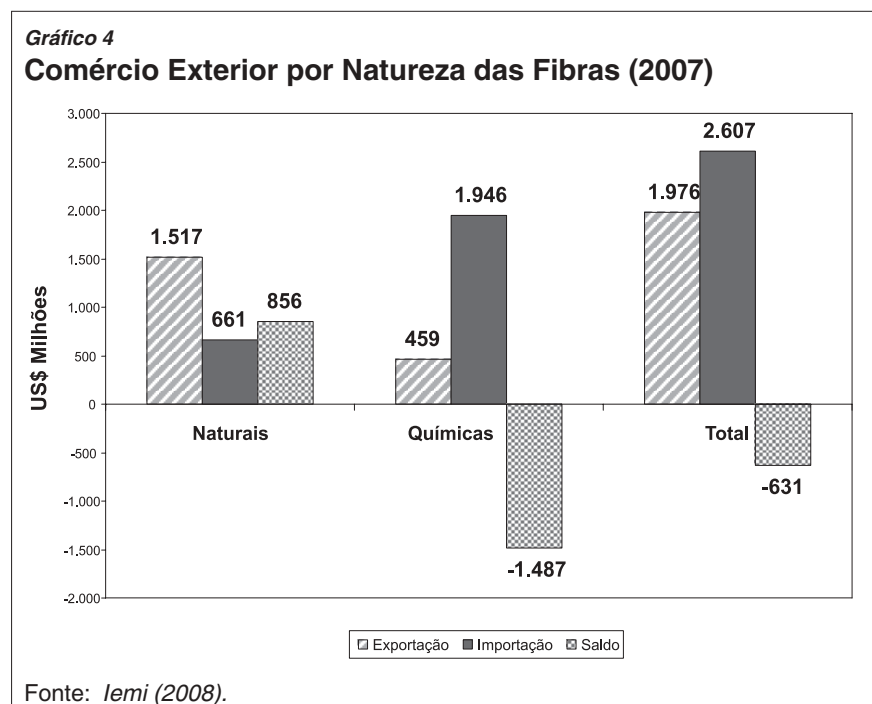
⁵ Excluindo-se as fibras.

⁶ Inclui filamentos, fios fiados, linhas de costura, tecidos planos, malhas e especialidades. Não constam fibras e confeccionados.

⁷ Conforme dados do IEMI (2008), excluem-se desse valor as fibras.

de 7,0% e, em 2004, chegou a 17,7%. Com o fim do ATV e a valorização do real, ampliou-se significativamente sua participação no mercado brasileiro, chegando a 23,7% em 2005. Em 2007, atingiu 34,8%, sendo que, no segmento de maior valor agregado (vestuário, meias e acessórios), a participação chega a 53,7%.

O Brasil tem superávit nas transações com fibras naturais (graças à competitividade do algodão nacional), porém há um elevado déficit nas transações envolvendo fibras químicas, especialmente as feitas de poliéster, conforme o Gráfico 4.



O resultado demonstra que esse gargalo da indústria brasileira está se agravando, pois a produção nacional de fibras químicas, conforme Viana et al. (2008), tem se mantido estável nos últimos vinte anos, enquanto a produção mundial duplicou no mesmo período. A oferta desse tipo de fibra no país é restrita, pois, além de a produção nacional ser insuficiente, há uma elevada proteção contra sua importação.

O Brasil consome mais fibras naturais do que químicas, mas a tendência de aumento do consumo de fibras químicas já está ocorrendo. Segundo dados do IEMI (2007a), a participação dos fios artificiais e sintéticos importados no consumo aparente nacional cresceu de 4,3%, em 2000, para 34,2%, em 2006.

Verificou-se ainda que a deterioração do saldo comercial brasileiro nos últimos anos está nos segmentos fios/linhas, malhas e vestuário, nos quais o peso do consumo de fibra química está aumentando (fios/linhas e malhas⁸) e as peças podem ser padronizadas (vestuário)⁹.

A cadeia TC brasileira representou, em 2007, 5,5% do faturamento total da indústria de transformação nacional¹⁰ e 17,3% do total de empregos gerados. A cadeia engloba cerca de 30 mil indústrias e gera 1,6 milhão de empregos diretos.

Dimensões e Relevância

Conforme o Gráfico 5, o volume de produção total de têxteis, medido pelo consumo de fios e filamentos, foi de 1,77 milhão de toneladas, e o faturamento bruto foi de US\$ 41 bilhões. Entretanto, o volume de produção no setor não apresentou crescimento absoluto entre 1999 e 2007, pois, apesar do aumento significativo entre 1999 e 2000, há um declínio nos três anos seguintes, com retomada do crescimento somente em 2004. Em 2007, o volume de produção total era ainda inferior ao pico de 2000.

O aumento de 73% da receita de vendas entre 1999 e 2007 teve influência das oscilações na taxa de câmbio. Entre 2006 e 2007, enquanto o crescimento da produção foi de apenas 2,1%, o crescimento da receita de vendas foi de 25%, por conta da apreciação cambial do real no período.

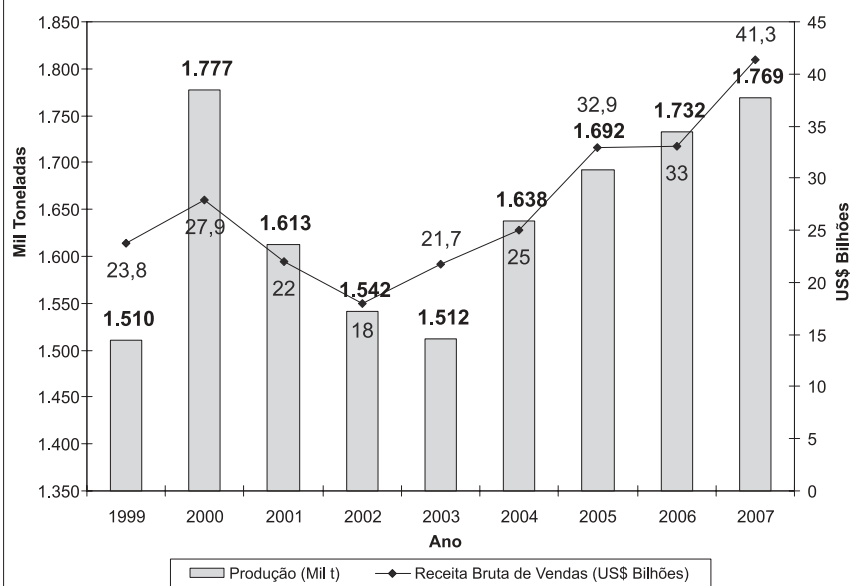
O consumo médio de TC no Brasil, por sua vez, cresceu significativamente entre 1995 e 2007, quando a média por habitante passou de 8,7 kg para 11,6 kg. Essa média ainda está bastante distante do consumo médio dos países desenvolvidos, de cerca de 25 kg na Europa e 35 kg nos Estados Unidos. O aumento na demanda não foi acompanhado pela elevação da produção média por habitante, que se manteve em torno de 9,0 kg/habitante. Essa diferença entre a demanda e a produção local tem sido suprida pelas importações.

⁸ Entre 2003 e 2007, a importação de tecidos de malha sintética ou artificial passou de US\$ 8 milhões para US\$ 247 milhões.

⁹ Entre 2003 e 2007, a importação de vestuário de malha e tecido plano aumentou de US\$ 89 milhões para US\$ 449 milhões.

¹⁰ Conforme IEMI (2008), dados preliminares e que não incluem indústria extrativa mineral e construção civil.

Gráfico 5

Produção e Receita de Vendas da Cadeia TC no Brasil

Fonte: Abit (2008).

Distribuição Regional da Produção e do Consumo

Produção

Uma característica da cadeia TC brasileira é a existência de polos regionais de produção. Os principais, divididos por estado, são os seguintes:

- São Paulo: destaca-se como o mais importante centro produtor, além de ser o centro intelectual e financeiro da indústria, pois concentra os principais ativos intangíveis (moda, marketing etc.) e o controle das atividades produtivas nacionais. Na cidade de São Paulo, está o varejo de luxo, com lojas nacionais (Zoomp, Forum, Rosa Chá) e internacionais (Louis Vuitton, Giorgio Armani, Hugo Boss), além das duas maiores concentrações nacionais de confecções e lojas atacadistas, os bairros do Brás e Bom Retiro. Outro polo importante do estado é a cidade de Americana, que apresenta elevado desenvolvimento tecnológico e é especializada na produção de tecidos artificiais e sintéticos.
- Rio de Janeiro: merecem destaque as cidades de Nova Friburgo, principal polo produtor de *lingerie* do país e sede da empresa alemã Triumph, e Petrópolis, especializada em malharia e roupas de inverno.
- Santa Catarina: o Vale do Itajaí, cuja principal cidade é Blumenau, é um dos polos têxteis mais avançados da

América Latina e o centro brasileiro com maior inserção no mercado internacional, sendo o principal exportador nacional de artigos de malha e linha lar.

- Ceará: com a tendência de deslocamento regional das grandes empresas, estimulada por incentivos fiscais e de infraestrutura fornecidos pelo governo estadual, o estado vem aumentando sua relevância no cenário nacional. Vale destacar a forte presença de empresas verticalmente integradas, especialmente no ramo de tecidos *denim* e em fios de algodão.

Teve início nos anos 1990 um processo de deslocamento regional das grandes empresas da cadeia,¹¹ cujos principais motores foram a busca por mão-de-obra mais barata¹² e os incentivos fiscais e creditícios oferecidos pelos estados do Nordeste. Essa desconcentração industrial ocorreu com mais intensidade nas etapas intensivas em mão-de-obra e com baixa utilização de tecnologia. As etapas de concepção e planejamento estratégico da cadeia continuam concentradas no Sudeste, com destaque para São Paulo.¹³

Ao longo dos anos 2000, o Sudeste continuou perdendo participação na produção nacional, mas foi o Sul que se destacou em termos de crescimento, conforme o Gráfico 6. Segundo a Abit, esse crescimento é estimulado pelos incentivos fiscais oferecidos na região (Santa Catarina, por exemplo, aplica ICMS da ordem de 3%), pela disponibilidade de linhas de crédito dos bancos regionais (BRDE) e pela proximidade dos centros consumidores.

Houve também crescimento em direção ao Centro-Oeste, mas sua participação ainda é muito pequena (passou de 1,4%, em 2003, para 1,9%, em 2007), o que mostra a busca das empresas por maior proximidade com a produção de algodão (competitiva e em expansão na região).

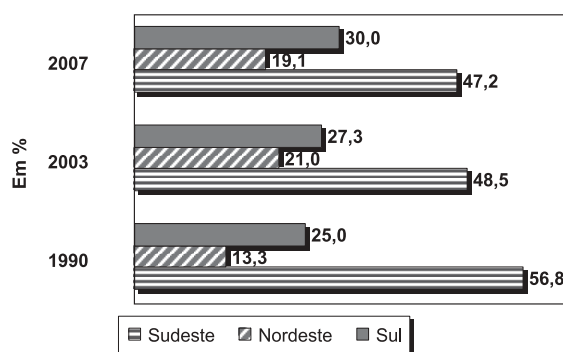
Como se pode observar na Tabela 1, a maior parte das unidades fabris instaladas permanece nas regiões Sudeste e Sul, desde fiação até confecção, na qual também está concentrada cerca de 80% da mão-de-obra empregada.

¹¹ O grupo Vicunha, por exemplo, transferiu parcela significativa de sua produção para o estado do Ceará. A empresa fechou ou transferiu, nos últimos dez anos, nove unidades fabris. Além disso, a Coteminas, a Karsten e a Marisol também abriram fábricas no Nordeste.

¹² Rangel (2008) informa que o custo final da mão-de-obra em São Paulo é de R\$ 1.575,00/mês, valor 125% superior ao pago no Nordeste.

¹³ Vale ressaltar que as dificuldades de transporte e outros custos associados à logística precária dificultam essa desconcentração industrial. Segundo ABDI (2008), apenas 50% das rodovias federais estão em condições normais de tráfego.

Gráfico 6
Distribuição Regional da Produção



Fonte: *Elaboração do BNDES, com base em dados do IEMI (2008).*

Entre 2000 e 2007, houve queda no número de unidades instaladas do elo têxtil em todas as regiões, principalmente por causa da redução do número de malharias, à exceção da Região Sul. No elo de confecções, houve crescimento em todas as regiões, com destaque para as Regiões Sul e Centro-Oeste, à exceção da Região Norte.

Tabela 1

Unidades Fabris e Número de Empregados por Região

	UNIDADES FABRIS INSTALADAS			NÚMERO DE EMPREGADOS		
	2000	2007	% Total em 2007	2000	2007	% Total em 2007
Têxtil	4.463	4.473	100,0	339.238	341.438	100,0
Norte	57	38	0,8	3.591	4.372	1,3
Nordeste	408	327	7,3	47.660	45.841	13,4
Sudeste	2.817	2.475	55,3	200.356	174.713	51,2
Sul	1.101	1.554	34,7	80.851	109.935	32,2
Centro-Oeste	80	79	1,8	6.780	6.577	1,9
Confeccionados	18.797	23.276	100,0	1.233.156	1.223.862	100,0
Norte	402	186	0,8	12.641	8.254	0,7
Nordeste	2.587	3.228	13,9	165.750	191.527	15,6
Sudeste	10.852	12.568	54,0	735.645	625.917	51,1
Sul	4.151	5.903	25,4	257.933	341.385	27,9
Centro-Oeste	805	1.391	6,0	61.187	56.779	4,6

Fonte: *Elaboração do BNDES, com base em dados do IEMI (2008).*

A Região Sul, em ambos os elos, foi a que mais aumentou o número de empregos, no período, em todos os segmentos da cadeia. A Região Sudeste, ao contrário, apresentou a maior queda, em especial nos segmentos malharia, fiação e confecção, apesar de ainda concentrar a maior parcela da mão-de-obra empregada.

O consumo de TC no Brasil cresceu em função do aumento de renda ocorrido no período,¹⁴ mas ainda é bastante concentrado. Em 2007, 50% do consumo estava no Sudeste, 19% no Nordeste e 16% no Sul. O consumo concentra-se também nas cinquenta maiores cidades do país, que respondem por cerca de 45% do consumo nacional.

Em relação ao consumo por classe social,¹⁵ o IEMI (2007b) mostra que, enquanto a população brasileira tem um perfil socioeconômico centrado nas classes C e D (68% da população), a principal fatia do mercado consumidor para os artigos de vestuário e Linha Lar está nas classes B e C, que respondem por 70% do consumo nacional. A classe A (6% da população) é a terceira maior fatia do mercado, com 18% do consumo nacional.

O segmento feminino adulto representa 41% do mercado e o infantil, 32%. A liderança do segmento feminino deve-se ao alto volume de produção de alguns artigos com vida útil curta (calcinhas e meias-calças), além da maior variedade de artigos consumidos.

Finalmente, quanto aos principais canais de distribuição da produção de vestuário, meias e acessórios, dados do IEMI (2007a) mostram que o número de lojas dedicadas predominantemente à comercialização desses artigos girava em torno de 105 mil em 2006. As grandes lojas especializadas (tais como Renner e C&A) respondiam por 24,2% do total distribuído, e as pequenas lojas independentes, com grande presença em áreas residenciais e cidades de menor porte, respondiam por 21,4%. Vale ressaltar também que a maioria das lojas está concentrada no Sudeste (51%).

A cadeia TC brasileira é majoritariamente formada por pequenas e médias empresas, apresentando elevado grau de concorrência

Consumo

Estrutura Empresarial

¹⁴ A renda média per capita no Brasil cresceu 21,2%, de acordo com IEMI (2008), passando de R\$ 11.149, em 1995, para R\$ 13.515, em 2007.

¹⁵ O IEMI adota a seguinte classificação: classe A (acima de 26 salários mínimos mensais); B (de 11 a 25 sm); C (de 5 a 10 sm); D (de 3 a 4 sm) e E (até 2 sm).

e baixos índices de concentração industrial. O porte médio das empresas diminui à medida que se caminha para o final da cadeia.

O segmento de fibras e filamentos é o mais oligopolizado, controlado por grandes empresas (principalmente na produção de fibras sintéticas), em sua maioria de origem estrangeira, dada a necessidade de investimentos em equipamentos de alta tecnologia e da importância de economias de escala. No elo final da cadeia, preponderam pequenas empresas, intensivas em mão-de-obra e majoritariamente de capital nacional, muitas das quais operam na informalidade (tributária e/ou trabalhista).

Tabela 2

Número de Empresas e Empregados por Segmento (2007)

SEGMENTO	EMPRESAS	NÚMERO DE EMPREGADOS
Têxtil	4.473	341.438
Fiações	417	78.318
Tecelagens	596	101.102
Malharias ¹	2.511	122.138
Beneficiamento	949	39.880
Confeccionados	23.276	1.223.862
Vestuários	20.070	1.034.332
Meias e Acessórios	1.043	45.352
Linha Lar	1.199	102.590
Outros ²	964	41.588
Total	27.749	1.565.300

Fonte: *Elaboração do BNDES, com base em dados do IEMI (2008).*

¹Inclui tricotagem.

²Artigos técnicos e industriais.

Entre 2003 e 2007, houve aumento de 13,3% no volume de mão-de-obra empregada no elo têxtil e de 6,7% em confecção e no número de empresas (14,3% no elo têxtil e 31% em confecção). Entretanto, o número médio de empregados por empresa declinou de 66,8, em 2003, para 56,4, em 2007, em especial em confecções, que apresentou queda de 18%, contra 0,8% no elo têxtil. Assim, verifica-se que houve grande pulverização das empresas de confecção: somente em 2007, das 20 mil empresas de vestuário, 16 mil tinham de 5 a 19 funcionários.

Essa pulverização ocorre porque o processo produtivo é relativamente fácil e o investimento inicial baixo, o que leva à existência de muitas empresas de pequeno porte e com alto grau de informali-

dade.¹⁶ Além disso, segundo empresários do setor, há elevada carga tributária aplicada à cadeia TC¹⁷ e entrada de produtos contrabandeados e/ou produzidos com padrões trabalhistas e tributários bastante diferenciados do Brasil. Assim, caso a empresa opere em pequena escala, é mais vantajoso ser informal, para não comprometer a receita com pagamento de impostos e manter competitividade frente aos produtos oriundos de práticas desleais de comércio.

Esse grau de informalidade gera uma competição espúria entre as empresas formais e informais, o que dificulta ainda mais a obtenção de crédito e deprecia a qualidade do posto de trabalho. Esse tipo de organização industrial acarreta ainda problemas na cadeia de fornecimento das empresas brasileiras, gerando um produto/serviço de baixa qualidade e dificultando a programação eficiente ao longo da cadeia, o que diminui a competitividade das empresas no país. Por isso, as empresas líderes no Brasil têm optado pela verticalização da produção (até o varejo) a fim de minimizar tais incertezas.

A tendência dos investimentos no setor nas últimas duas décadas foi de aquisição de máquinas e equipamentos, especialmente na década de 1990, em função da abertura do mercado brasileiro à competição internacional.¹⁸

Investimentos Realizados

Entre 2000 e 2007, o investimento anual em máquinas e equipamentos oscilou entre US\$ 400 milhões e US\$ 600 milhões, atingindo seu pico em 2007. O montante total investido no período foi de US\$ 4,7 bilhões, conforme Gráfico 7.

A predominância de investimentos em máquinas importadas vem se intensificando nos últimos anos, uma vez que praticamente não há mais produção nacional de máquinas para a cadeia.

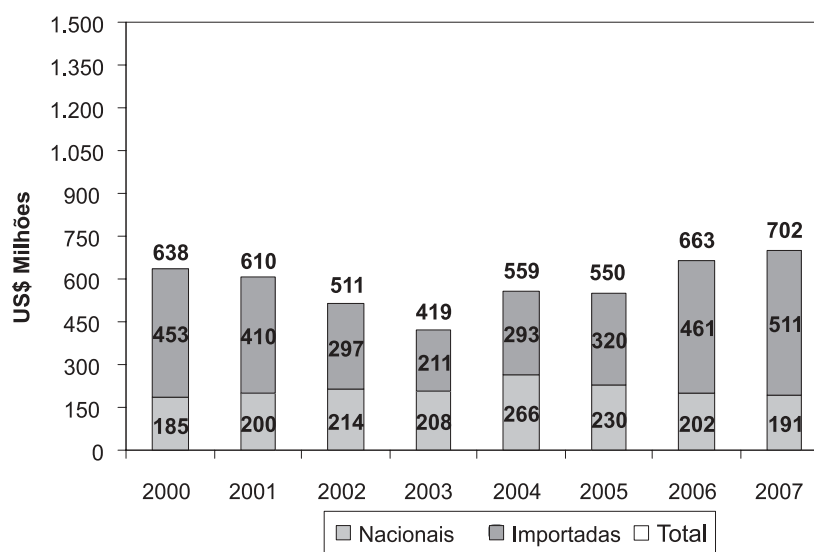
A Alemanha é o principal país de origem das importações brasileiras de máquinas, respondendo, em 2007, por 22% do total importado. Entretanto, verifica-se o crescimento significativo da China, que em 2000 era o 11º país de origem das importações de máquinas, em 2006 despontou entre os quatro maiores e, em 2007, chegou ao segundo lugar do *ranking*.

¹⁶ Fontes do mercado estimam a existência de 40 a 60 mil confecções no país, se contarmos as empresas informais.

¹⁷ Segundo a análise setorial do Valor Econômico (2006), 54% das vendas líquidas da cadeia TC são consumidas em impostos.

¹⁸ Na década de 1990, foram investidos US\$ 6 bilhões em máquinas. Para mais detalhes, ver Gorini (2000).

Gráfico 7
Investimentos em Máquinas



Fonte: Iemi (2008).

No período de 2003 a 2007, os maiores investimentos em máquinas importadas foram para filatórios, teares e máquinas de costura, somando cerca de US\$ 1,8 bilhão. Desse total, 22% foram para máquinas no segmento de fiação, 22% para tecelagem e 24% para confecção. Nos demais segmentos, os gastos giraram em torno de 10% cada (malharia, beneficiamento, artigos técnicos).

Contudo, foram estes últimos segmentos que apresentaram o maior crescimento do valor investido no período (artigos técnicos, 189%; malharia, 33%; e beneficiamento, 24%; contra um crescimento médio em torno de 13% para fiação e tecelagem). A exceção é o elo de confecções, cujo investimento médio cresceu 43%.

Tabela 3

Países de Origem das Importações de Máquinas da Cadeia TC

2000				2006			2007		
Países	Em US\$ Mil	Part. %		Países	Em US\$ Mil	Part. %	Países	Em US\$ Mil	Part. %
1º Alemanha	150.866	33		Alemanha	164.873	36	Alemanha	114.641	22
2º Itália	91.310	20		Itália	61.838	13	China	90.014	18
3º Japão	53.913	12		Japão	51.915	11	Itália	73.351	14
4º Suíça	52.147	12		China	50.691	11	Japão	61.262	12
Total	452.683	100		Total	461.170	100	Total	510.471	100

Fonte: Elaboração do BNDES, com base em dados do Iemi (2008).

Esse crescimento, à exceção do segmento de malharia, tem relação com o aumento do número de empresas instaladas, que foi de 113% no segmento de artigos técnicos, 109% em beneficiamento e 31% em confecção.¹⁹ As empresas de malharia, por sua vez, diminuíram 6% no período, embora ainda detenham o maior número de empresas instaladas do elo têxtil (56% em 2007). Nesse caso, o crescimento dos investimentos pode estar relacionado à necessidade de aumentar a competitividade frente à entrada dos produtos asiáticos de malha no país.

Entretanto, quando se compara a idade média do parque de máquinas instaladas apresentado por Gorini (2000) com os dados atuais do IEMI (2008), vê-se que o parque industrial envelheceu. Conforme a Tabela 4, a idade média do parque industrial havia diminuído de forma relevante entre 1990 e 1999, mas, em 2007, a idade média das máquinas aumentou de maneira preocupante.

Tabela 4

Parque de Máquinas Têxteis – 1990, 1999 e 2007

	PRINCIPAIS MÁQUINAS INSTALADAS (Em Número de Máquinas)			IDADE MÉDIA (Em Anos)		
	1990	1999	2007	1990	1999	2007
Fiação						
Fusos	9.420.174	5.523.233	4.800.330	15,4	9,3	15,5
Rotores	171.945	292.284	331.332	5,7	3,1	11,4
Tecelagem						
Tear de Pinça	17.541	25.684	29.106	9,7	6,1	12,3
Tear a Jato de Ar	1.610	6.526	8.602	3,9	1,0	9,2
Tear a Jato de Água	53	254	361	1,0	1,0	14,5
Tear de Projétil	4.163	5.420	5.882	8,6	6,7	13,0
Malharia						
Circular	5.750	6.449	9.963	9,8	7,3	8,9
Retilínea	36.613	36.175	39.765	10,3	4,4	10,7
Kettenstul	509	1.322	1.394	9,6	3,2	9,4
Raschel	8.097	7.993	8.060	8,4	3,5	13,7
Confecção						
Costura Reta	332.483	355.849	425.512	9,6	2,3	10,4
Overloque	243.737	286.912	346.610	8,3	2,5	10,8
Interloque	11.955	14.754	18.553	6,2	1,8	10,3
Corte	24.653	32.391	39.644	8,4	2,2	9,4

Fontes: *Elaboração do BNDES, com base em IEMI (2008) e Gorini (2000).*

¹⁹ Em confecção, foi o número de empresas de vestuário que aumentou (36%), enquanto as empresas de meias e acessórios (-17%) e Linha Lar (-7%) diminuíram.

Não foi possível averiguar dentro do escopo deste artigo as causas desse fato. Pode-se somente inferir a possibilidade de que as máquinas adquiridas são usadas, o que interfere diretamente no grau de competitividade do país.

Participação do BNDES

O BNDES, entre 2000 e novembro de 2008, desembolsou US\$ 1,93 bilhão (ou R\$ 4,1 bilhões) para os elos TC. A maior parte dos recursos (78%) foi destinada ao elo têxtil, em função principalmente do maior porte e do grau de organização das empresas, o que permite investir valores de maior monta.

Em 2008, o desembolso foi o maior do período, atingindo US\$ 762 milhões (ou R\$ 1,3 bilhão), em função dos desembolsos relativos ao programa Revitaliza, que foram de R\$ 1,0 bilhão para a cadeia TC.

Esse programa foi criado em 2007, com o objetivo de financiar a melhoria da competitividade dos setores mais atingidos pela valorização do real. Os investimentos poderiam incluir desde o desenvolvimento de novos produtos, incremento das exportações, reestruturação setorial, até o financiamento a capital de giro puro.

Havia dois subprogramas, um com Taxa Variável (TV), apoio financeiro tradicional do BNDES, e outro com Taxa Fixa (TF), apoio financeiro com taxas equalizadas pelo Tesouro Nacional,

Tabela 5

Evolução dos Desembolsos do Sistema BNDES no Complexo TC, segundo Região (2000–2008)

(Em US\$ Mil)

REGIÃO	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	NOV./2008
Norte	10,6	78,7	37,2	~	8,5	18,6	640,4	63,4	906,5
Nordeste	64.025,2	55.809,5	41.639,1	26.432,9	3.247,7	7.376,1	1.492,6	7.151,4	94.994,9
Sudeste	103.812,2	38.490,4	38.688,4	77.725,8	18.471,1	80.027,2	40.513,2	114.145,6	379.874,2
Sul	57.419,9	37.496,6	32.141,4	41.164,3	34.519,0	42.146,4	59.636,0	80.650,0	264.623,9
Centro-Oeste	608,7	2.624,5	143,2	785,1	2.164,4	2.636,4	1.279,0	802,0	15.764,6
Total*	225.876,7	137.325,1	120.927,7	146.108,2	74.793,0	132.204,7	121.651,5	209.501,8	761.893,3

Fonte: BNDES.

* O total é maior que a soma das regiões, pois foram realizados desembolsos para projetos que atingiam mais de uma região.

OBS.: Dólar do dia do desembolso.

destinado às empresas com faturamento anual bruto de até R\$ 300 milhões.

Entre 2007 e 2008, o programa desembolsou um total de R\$ 2,3 bilhões, sendo que 98% dos recursos foram realizados via agentes financeiros e 56% foram destinados a financiamento de capital de giro puro. Os investimentos na cadeia TC responderam por 44% dos recursos totais desembolsados, sendo que a maior parte foi destinada a capital de giro (61% no elo têxtil e 95% em confecções).

Mais de 70% dos recursos desembolsados para a cadeia TC foram para as empresas do elo têxtil, mas 58% das operações foram realizadas com as empresas de confecção.

Tabela 6

Desembolsos e Número de Operações do Programa Revitaliza por Subprograma

(Em R\$ Milhões)

	TÊXTIL		CONFECÇÃO		TOTAL DA CADEIA TC	
	Valor	Nº Op.	Valor	Nº Op.	Valor	Nº Op.
Revitaliza TF Giro	461	175	261	296	723	471
Revitaliza TF Investimento	121	36	13	7	134	43
Revitaliza TV Exportação	119	7	-	-	119	7
Revitaliza TV Investimento	58	2	-	-	58	2
Total	759	220	275	303	1.033	523

Fonte: BNDES.

O Revitaliza foi bem-sucedido em termos de desembolso e de acesso das empresas. Contudo, a maior parte dos recursos não gerou formação bruta de capital fixo e, conseqüentemente, uma estruturação das empresas para aumentar sua competitividade real. A nova versão do Revitaliza,²⁰ lançada no fim de 2008, procura focar em investimentos fixos, a fim de contribuir para o aumento necessário da competitividade das empresas.

Outra linha do BNDES que merece destaque é o Cartão BNDES, produto voltado exclusivamente para micro, pequenas e médias empresas, cujo crescimento foi significativo entre 2003 e 2008 para a cadeia TC. O cartão permite, além da aquisição de máquinas e equipamentos, o financiamento a insumos, tais como algodão, fibras têxteis, filamentos, fios, aviamentos e insumos químicos.

²⁰ Para mais informações, ver <http://www.bndes.gov.br>.

Em 2003, havia para a cadeia TC 164 cartões emitidos com um limite de R\$ 3,5 milhões e dois fornecedores cadastrados. Até 2008, já haviam sido emitidos mais de 13 mil cartões, com limite total de R\$ 322 milhões e 311 fornecedores cadastrados.

O BNDES vem procurando adaptar seus produtos financeiros às demandas da cadeia, visando contribuir cada vez mais com seu desenvolvimento e o aumento da competitividade.

Inovação e a Estratégia Competitiva na Cadeia TC

Mercado Mundial

As principais tendências dos padrões de consumo e produção internacionais na cadeia TC – quais sejam, maior consumo de fibras químicas, maior dependência dos produtos às variações da moda, crescente difusão de gestão da cadeia de fornecimento e constante realocação de atividades – provocaram alterações significativas em sua estrutura produtiva, que foram possibilitadas por avanços tecnológicos e inovações desenvolvidas no período.

É importante salientar que a cadeia TC tem como característica ser consumidora de tecnologia, pois as inovações costumam ocorrer de forma exógena, seja via empresas fornecedoras de máquinas e equipamentos, seja por empresas produtoras de fibras químicas e corantes.

No primeiro grupo, a tecnologia desenvolvida costuma ser incremental e diz respeito à velocidade e à escala das máquinas e equipamentos, principalmente na fiação e tecelagem/malharia, além da inserção de tecnologia de informação como o CAD/CAM²¹ (por exemplo, máquinas industriais que imprimem o desenho direto nos tecidos).

Esses avanços permitem diminuir o tamanho dos lotes de produção e realizar mudanças rápidas no produto, além de facilitar a detecção de problemas/ineficiências na linha de produção e o controle da qualidade dos produtos. Há também a possibilidade de aprimoramento dos equipamentos em uso, com a utilização de dispositivos que otimizam as instalações e o uso dos insumos, como a incorporação da microeletrônica e da informática como ferramentas que aprimoram produtos e serviços a custos menores.

²¹ *Computer-aided design (CAD), ou desenho auxiliado por computador. A sigla CAM (computer-aided manufacturing) refere-se a todo e qualquer processo de fabricação controlado por computador. A junção dessas ferramentas permite projetar um componente qualquer na tela do computador e transmitir a informação por meio de interfaces de comunicação entre o computador e um sistema de fabricação, em que o componente pode ser produzido automaticamente.*

O segundo grupo tem alta sofisticação tecnológica, com pesquisas que buscam a aproximação das características das fibras químicas com as das fibras naturais, além de desenvolver diferentes qualidades de fibras e cores visando à ampliação do mercado. A inovação encontra-se na aplicação de nanotecnologia (mudança molecular da estrutura das fibras), biotecnologia e tecnologias da informação e comunicação (TIC), para a obtenção de tecidos com maior resistência, conforto, proteção e hidratação, entre outras características.²²

Nos elos da cadeia TC, temos o seguinte:

- as inovações em fiação e tecelagem encontram-se na possibilidade de misturar fibras naturais e químicas, bem como produzir os desenhos a serem aplicados nos tecidos e cortes por meio do CAD/CAM. Os avanços tecnológicos (especialmente na área de microeletrônica) tornam esses elos cada vez mais intensivos em capital;
- o elo acabamento, quando são realizados os tratamentos físico e físico-químico do artigo têxtil com o objetivo de alterar sua aparência para torná-lo mais atrativo comercialmente, é o mais complexo em termos tecnológicos e é altamente intensivo em capital; esse elo está se tornando cada vez mais importante, pois o beneficiamento dos artigos têxteis, desde os tratamentos primários (cozimento, alveijamento, tingimento e estamparia) até o terciário (aplicação de resinas, lavagem especiais etc.), agrega mais valor ao produto e melhora sua qualidade. Vale ressaltar também que esse elo demanda alta responsabilidade ambiental e a maioria dos países implementou rígida legislação que aumenta a necessidade de avanços contínuos nos padrões de qualidade, com a otimização dos insumos utilizados; e
- no elo confecção, a possibilidade de inovação tem sido marginal, dada a grande relevância do fator humano. Os avanços mais significativos estão nas fases de desenho e corte, com a aplicação do sistema CAD/CAM e o acoplamento de dispositivos eletrônicos nas máquinas de costura para aumentar a precisão no acabamento. No segmento de vestuário, em especial, as maiores inovações ocorrem no *design* do produto.

Ademais, é preciso levar em conta os seguintes aspectos:

²² Essas tecnologias já estão sendo utilizadas em roupas profissionais, moda íntima, fitness, roupas funcionais etc., assim como há o desenvolvimento de vestuário integrado a baterias de celulares e MP3 player.

- as inovações da cadeia TC, no que se refere a máquinas e equipamentos, são bastante difundidas mundialmente, não havendo grande diferença tecnológica entre as empresas líderes do mercado;
- o movimento na cadeia TC é de desverticalização da produção, pois as empresas que tradicionalmente atuavam em todos os elos da cadeia estão migrando para áreas específicas com mais possibilidades de retorno do capital investido; e
- a escolha das matérias-primas e dos equipamentos tem influenciado muito no artigo final, o que gera a necessidade de a cadeia produtiva a montante da comercialização estar apta a fornecer tais produtos com qualidade e de forma tempestiva.

Com base nisso, intensifica-se a necessidade de aprimoramento dos mecanismos de administração e coordenação da cadeia produtiva, já que os elos da cadeia devem estar organizados de forma que respondam rápida e adequadamente às mudanças da moda e do gosto dos consumidores. A comercialização e a distribuição dos produtos ganham importância, na medida em que afetam diretamente os ganhos de eficiência na cadeia.

Nesse contexto, as inovações e avanços tecnológicos para a cadeia TC vêm também evoluindo nas áreas de logística, informação e comunicação. A rapidez na distribuição dos produtos é atributo fundamental, já que a resposta rápida na venda afeta diretamente a rentabilidade e a competitividade do produto.

Brasil

A cadeia TC no Brasil apresenta as seguintes características:

- entrada maciça (e muitas vezes contrabandeada) de importações de produtos TC mais baratos no mercado interno;
- participação insignificante nas exportações mundiais, concentradas na cadeia do algodão, as quais estão baseadas nos produtos do elo têxtil, que é menos dinâmico e de menor valor agregado;
- especialização em produtos à base de fibras naturais, apesar do aumento rápido no consumo mundial de fibras químicas e de tecidos mistos;

- parque de máquinas com idade média elevada, sem capacidade de competitividade global;
- inexistência de coordenação das ações da cadeia produtiva que não permite oferecer uma gestão da cadeia de fornecimento para as empresas líderes e/ou grandes varejistas;
- grande pulverização, baixa capacidade técnica e gerencial e alta informalidade, principalmente no elo de confecção;
- práticas comerciais entre as empresas dos diferentes elos da cadeia com predomínio da falta de confiança, e de baixa qualidade do produto e/ou serviço; e
- difícil acesso ao crédito, principalmente para micro, pequenas e médias empresas, que se tornam dependentes das empresas fornecedoras, as quais têm de internalizar os riscos envolvidos ao oferecer crédito.

Com base nessas características e no contexto internacional, conclui-se que utilizar a capacidade de inovar em todas as suas dimensões (produto ou processo, incremental ou radical etc.) é uma ferramenta relevante para ampliar a competitividade das empresas na cadeia TC.

Entretanto, é importante salientar que existe uma grande desigualdade no perfil das empresas brasileiras da cadeia, pois, conforme Rangel (2008), a defasagem tecnológica é pequena entre as empresas líderes, que têm capacidade exportadora e investem pesadamente na modernização de máquinas e equipamentos. O problema encontra-se no conjunto da cadeia, com a existência de plantas defasadas (pequenas e médias empresas, a maioria de controle familiar e trabalhando com algum tipo de informalidade).

Assim, para mapearmos as características das empresas brasileiras da cadeia TC no que tange à inovação, analisamos a Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica (Pintec), realizada em 2005 pelo IBGE, que produziu indicadores das atividades de inovação tecnológica nas empresas industriais brasileiras (com dez ou mais pessoas ocupadas), visando entender o seu processo de geração, difusão e incorporação no período de 2003 a 2005.

A Pintec segue a definição do Manual de Oslo [OCDE (1997)], no qual a inovação tecnológica é a implementação de pro-

duto²³ (bens ou serviços) ou processos²⁴ tecnologicamente novos ou substancialmente aprimorados. Essa implementação ocorre quando o produto é introduzido no mercado ou quando o processo passa a ser operado pela empresa.

Foram analisadas 89.205 empresas da indústria de transformação, sendo que 4.154 empresas pertenciam ao setor de fabricação de produtos têxteis e 12.162 ao setor de confecção de artigos do vestuário e acessórios,²⁵ doravante tratados como elo têxtil e elo confecção, respectivamente.

Portanto, com base nesse universo, verificamos que a cadeia TC segue o padrão da indústria de transformação, na qual cerca de 34% das empresas implementaram algum tipo de inovação no período de 2003 a 2005. Foram 33% no elo têxtil e 28% no elo confecção. Entre as empresas que não inovaram na indústria e na cadeia, mais de 70% apontaram as condições de mercado como principal razão para não implementar algum tipo de inovação.

Se compararmos esses percentuais com os do período 2001–2003, a indústria de transformação manteve o patamar de 34% de empresas implementando inovações, enquanto, nos elos TC, há queda nos percentuais, que foram então de 35% e 32%, respectivamente.

Vale observar que quase metade das empresas que inovaram, tanto na indústria quanto na cadeia TC, implementaram inovações de processo. O interesse maior das empresas da cadeia TC (em patamar acima da indústria de transformação) foi implementar mudanças de ordem estratégica e organizacional, com destaque para o elo confecções. Na maioria das empresas, o objetivo foi para mudança na estética ou desenho do produto.

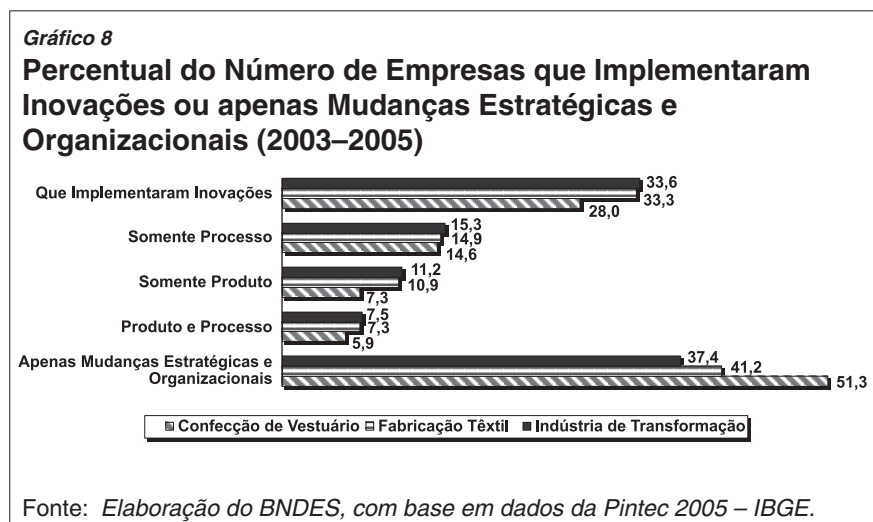
Para medir o grau de novidade da inovação, a Pintec indaga se o produto ou processo novo o é somente para a empresa ou se já havia sido implementado por outras empresas. No caso das empresas dos elos TC, as inovações apresentaram baixo grau

²³ *Refere-se a produtos cujas características fundamentais diferem significativamente de todos aqueles previamente produzidos pela empresa ou à existência de um significativo aperfeiçoamento tecnológico de produto existente, que melhore seu desempenho de forma substancial.*

²⁴ *Envolve a introdução de tecnologia de produção nova ou significativamente aperfeiçoada, assim como métodos novos ou substancialmente aprimorados para manuseio e entrega do produto, que podem ser mudanças em máquinas e/ou na organização produtiva (com mudanças no processo técnico de transformação). Os resultados devem rebater no nível e na qualidade do produto ou dos custos de produção ou entrega.*

²⁵ *As diferenças entre esse universo da Pintec e os números apresentados anteriormente têm relação com o fato de só entrarem na pesquisa as empresas com mais de dez empregados.*

de novidade: para 83% das empresas do elo têxtil e 96% do de confecções, as inovações de produto eram novas somente para a empresa. Nas inovações de processo, os índices são ainda maiores: 89% e 99%, respectivamente – mesmo padrão da indústria de transformação (85% e 95% das inovações de produto e processo, respectivamente, eram novas somente para a empresa).



A Pintec entende que as atividades empreendidas pelas empresas para inovar são de dois tipos: pesquisa e desenvolvimento (P&D)²⁶ ou outras atividades inovativas envolvendo a aquisição de bens, serviços e conhecimentos externos. A mensuração dos recursos nessas atividades revela o esforço empreendido pela empresa para inovar.

De acordo com a Tabela 7, do total de empresas da indústria de transformação que inovaram em 2003, 73% realizaram dispêndios em atividades inovativas que representaram 2% da receita líquida de vendas. Já na cadeia TC, foram 65% com gastos que representaram entre 2% e 3% da receita líquida de vendas. Em 2005, diminuiu o número de empresas que gastaram com atividades inovativas na indústria de transformação e na cadeia TC, mantendo-se somente o percentual do valor gasto.

²⁶ Pesquisa básica, aplicada ou desenvolvimento experimental.

Tabela 7

Percentual de Empresas que Realizaram Dispendios em Atividades Inovativas e Participação do Dispendio no Total da Receita Líquida de Vendas – 2003 e 2005

Atividades Seleccionadas	2003						2005			
	Receita Líquida de Vendas (R\$ Milhões) ¹	Dispêndios Realizados pelas Empresas Inovadoras nas Atividades Inovativas				Receita Líquida de Vendas (R\$ Milhões) ¹	Dispêndios Realizados pelas Empresas Inovadoras nas atividades Inovativas			
		Total		Atividades Internas de P&D			Total		Atividades Internas de P&D	
		%	%	%	%		%	%	%	%
Indústrias de Transformação	929.838	73	2	24	22	1.202.699	66	3	26	21
Fabricação de Produtos Têxteis	23.362	65	3	22	6	25.804	58	3	20	7
Confecção de Artigos do Vestuário e Acessórios	11.632	65	2	2	12	15.314	56	2	4	13

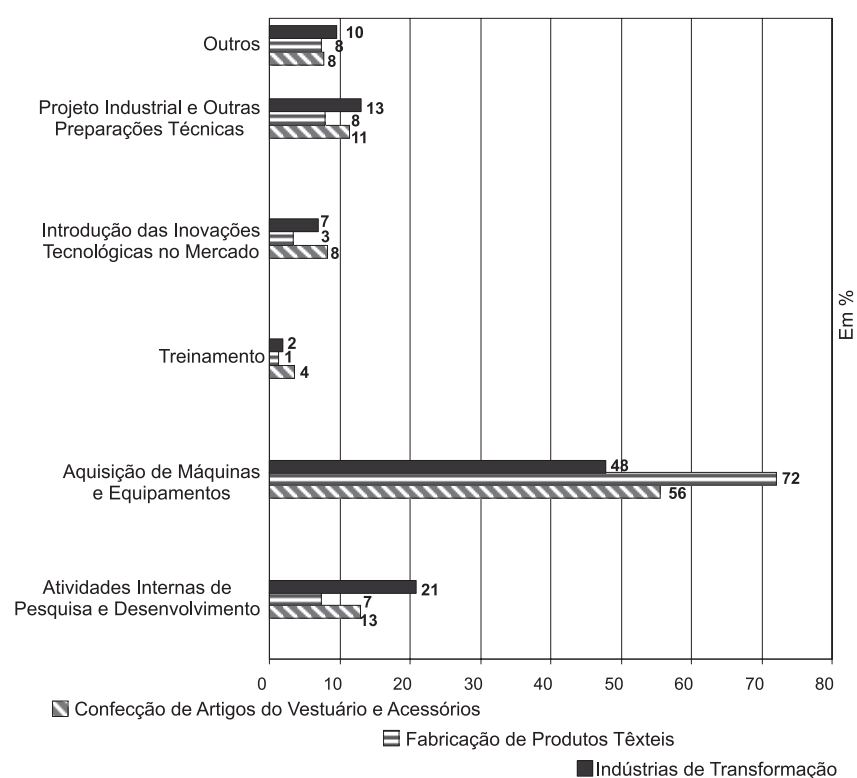
Fonte: *Elaboração do BNDES, com base em dados da Pintec 2005 – IBGE.*

¹ Receita líquida de vendas de produtos e serviços, estimada com base em dados das amostras da PIA – Empresa 2003 e 2005 e PAS 2005.

² Percentual sobre o total de gastos em atividades inovativas.

Gráfico 9

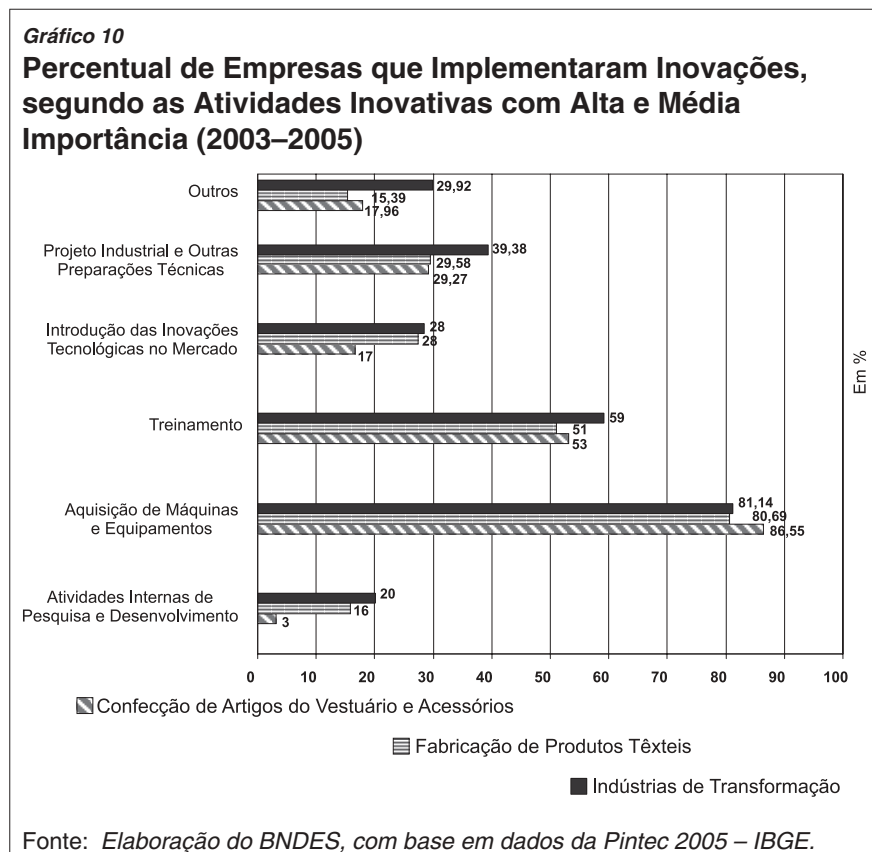
Percentual dos Dispendios por Atividade Inovativa (2003–2005)



Fonte: *Elaboração do BNDES, com base em dados da Pintec 2005 – IBGE.*

Conforme o Gráfico 9, a maior parte dos gastos com atividades inovativas, na Indústria e na cadeia TC, não vão para P&D, mas para as demais atividades inovativas, em especial a aquisição de máquinas e equipamentos, sendo que a cadeia TC gasta relativamente em patamar bastante superior à indústria.

As empresas que inovaram identificaram a importância de cada atividade inovativa realizada. No Gráfico 10, vemos como tanto a cadeia TC quanto a indústria de transformação consideram a aquisição de máquinas e equipamentos a atividade inovativa mais relevante, fato coerente com os dispêndios realizados.



É interessante notar que um número maior de empresas da indústria de transformação deu mais importância às atividades de treinamento dos que as da cadeia TC, possivelmente pelo menor número de pessoas envolvidas em atividades inovativas, uma vez que 0,2% do número total de pessoas empregadas na cadeia TC estão ocupadas em dedicação plena às atividades de P&D,²⁷ enquanto na indústria de transformação esse percentual chega a 1%. Contudo, é na cadeia TC que há o mais baixo grau de qualificação, em especial no elo confecções, conforme Tabela 8.

²⁷ Sobre o total de pessoas ocupadas em 31.12.2005; estimado com base nos dados da amostra da Pesquisa Industrial Anual – Empresa 2005, conforme Pintec 2005.

Esse nível de qualificação restringe a capacidade de inovar, ainda mais quando verificamos que em mais de 90% das empresas nos elos TC o principal responsável pela inovação de produto foi a própria empresa. Já no caso da inovação de processo, 84% das empresas do elo têxtil e 95% em confecção seguiram inovações de outras empresas ou institutos. Esse comportamento, dado o foco em aquisição de máquinas e equipamentos, pode significar que essas inovações são trazidas pelos fornecedores das novas máquinas, que exigem uma mudança substancial no processo produtivo vigente.

As fontes externas de informação consideradas mais relevantes pelas empresas são fornecedores, feiras e exposições, clientes ou consumidores, e redes de informação informatizadas, conforme a Tabela 9. Já as fontes internas são as outras áreas da empresa, em detrimento do Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento, existente em poucas empresas (21% na indústria, 16% no elo têxtil e 3% em confecções, que também conferem menor importância ao departamento com fonte de informação para inovar).

Esse perfil mostra como as empresas da indústria e da cadeia TC estão mais envolvidas no processo de incorporação e de adaptação de tecnologias do que na implementação de inovações originais, pois as empresas que buscam maior grau de novidade tendem a fazer uso mais intenso das informações geradas pelas instituições de produção de conhecimento.

Tabela 8

Percentual de Pessoas Ocupadas nas Atividades Internas de P&D das Empresas que Implementaram Inovações, por Nível de Qualificação (2005)

(Em %)

ATIVIDADES SELECIONADAS	NÍVEL SUPERIOR			NÍVEL MÉDIO	OUTROS
	TOTAL	PÓS-GRADUADOS	GRADUADOS		
Indústrias de Transformação	58	16	84	31	11
Fabricação de Produtos Têxteis	40	11	89	46	14
Confecção de Artigos do Vestuário e Acessórios	22	10	90	26	53

Fonte: *Elaboração do BNDES, com base em dados da Pintec 2005 – IBGE.*

Tabela 9

Percentual de Empresas que Implementaram Inovações Tecnológicas que Apontaram Grau de Importância Alto e Médio para as Fontes de Informação (2003–2005)

(Em %)

	ATIVIDADES SELECIONADAS	INDÚSTRIAS DE TRANSFORMAÇÃO	FABRICAÇÃO DE PRODUTOS TÊXTEIS	CONFECÇÃO DE ARTIGOS DO VESTUÁRIO E ACESSÓRIOS
Fontes Internas	Departamento de P&D*	43	34	23
	Outras Áreas	65	66	60
Fontes Externas	Outra Empresa do Grupo*	54	35	27
	Fornecedores	64	71	69
	Clientes/Consumidores	61	62	54
	Concorrentes	45	45	40
	Consultoria	12	10	11
	Universidades e Instituições de Pesquisa	12	7	7
	Centros de Capacitação Profissional e Assistência Técnica	15	16	17
	Instituições de Testes	16	9	8
	Licenças Patentes	6	4	3
	Conferências	32	29	25
	Feiras e Exposições	58	68	52
	Redes de Informação Informatizadas	57	62	51

Fonte: *Elaboração do BNDES, com base em dados da Pintec 2005 – IBGE.*

*O percentual foi calculado sobre o universo de empresas que têm um “departamento de P&D” ou “outra empresa do grupo”, respectivamente.

Somente 2 e 3%, respectivamente, das empresas nos elos TC desenvolveram relações de cooperação²⁸ ou parcerias com outras organizações para inovar, contra 7% da indústria. Conforme a Tabela 10, mesmo nesse universo, mantém-se um perfil com baixo grau de novidade, pois as parcerias consideradas mais relevantes foram também com fornecedores e clientes. Nota-se, porém, que nesse grupo um percentual maior de empresas apontou como relevantes as parcerias com universidades e centros de capacitação, se comparado com os percentuais da Tabela 9.

As fontes de financiamento em 2005 para as atividades de P&D e demais atividades inovativas nas empresas da cadeia TC e na indústria foram majoritariamente próprias, conforme Tabela 11, o

²⁸ Entende-se por relação real de cooperação quando há, desde o início do processo de P&D, uma interação entre as empresas (ou empresa e instituição) e que, ao seu final, a expertise seja absorvida por todas as partes, sem ser uma mera relação comercial.

Tabela 10

Percentual de Empresas que Implementaram Inovações e com Relações de Cooperação com outras Organizações que Apontaram Grau de Importância Alto e Médio para cada Parceria (2003–2005)

(Em %)

Atividades Selecionadas	EMPRESAS QUE IMPLEMENTARAM INOVAÇÕES								
	Com Relações de Cooperação com outras Organizações, por Grau de Importância da Parceria								
	Total	Clientes ou Consumidores	Fornecedores	Concorrentes	Outra Empresa do Grupo*	Consultoria	Universidades e Institutos de Pesquisa	Centros de Capacitação Profissional e Assistência Técnica	
Indústrias de transformação	29.951	7	59	61	15	58	23	32	22
Fabricação de Produtos Têxteis	1.382	2	53	82	9	23	18	34	15
Confecção de Artigos do Vestuário e Acessórios	3.403	3	50	75	4	10	17	13	24

Fonte: *Elaboração do BNDES, com base em dados da Pintec 2005 – IBGE.*

* O percentual foi calculado sobre o universo de empresas com “outra empresa do grupo”.

Tabela 11

Fontes de Financiamento das Atividades de P&D e das demais Atividades Inovativas Realizadas pelas Empresas, segundo Atividades Seleccionadas da Indústria e dos Serviços (2005)

Atividades Seleccionadas	FONTES DE FINANCIAMENTO (%)							
	Das Atividades de Pesquisa e Desenvolvimento				Das Demais Atividades			
	Próprias	De Terceiros			Próprias	De Terceiros		
		Total	Privado	Público		Total	Privado	Público
Indústrias de Transformação	92	8	1	6	84	16	6	10
Fabricação de Produtos Têxteis	97	3	-	2	81	19	6	13
Confecção de Artigos do Vestuário e Acessórios	83	17	11	5	89	11	5	6

Fonte: *Elaboração do BNDES, com base em dados da Pintec 2005 – IBGE.*

que demonstra a necessidade de recursos públicos como fonte de financiamento das inovações, especialmente para as atividades de P&D, cujo elevado risco e o caráter intangível dificultam a captação de recursos em fontes tradicionais do mercado financeiro.

As empresas que receberam apoio do governo foram financiadas principalmente em suas atividades de P&D e na aquisição de máquinas e equipamentos. O incentivo fiscal²⁹ ainda é pouco utilizado.

²⁹ Lei 8.661, Lei 10.332 e Lei 11.196 e Lei de Informática (Lei 10.176, Lei 10.664 e Lei 11.077).

Entretanto, apesar do caráter incremental e do baixo grau de novidade das inovações implementadas, verifica-se que o retorno é relevante para as empresas, como vemos na Tabela 12 e no Gráfico 11.

Tabela 12

Percentual de Empresas que Implementaram Inovações Tecnológicas com Impactos de Alta e Média Relevância (2003–2005)
(Em %)

IMPACTO	INDÚSTRIAS DE TRANSFORMAÇÃO	FABRICAÇÃO DE PRODUTOS TÊXTEIS	CONFECÇÃO DE ARTIGOS DO VESTUÁRIO E ACESSÓRIOS
Melhoria da Qualidade dos Produtos	69	63	68
Ampliação da Gama de Produtos	42	41	27
Manutenção da Participação no Mercado	68	70	58
Ampliação da Participação no Mercado	60	62	53
Abertura de Novos Mercados	28	26	17
Aumento da Capacidade Produtiva	58	49	62
Aumento da Flexibilidade da Produção	48	47	52
Redução dos Custos de Produção	40	31	39
Redução dos Custos do Trabalho	38	31	38
Redução do Consumo de Matéria-Prima	20	13	26
Redução do Consumo de Energia	16	17	13
Redução do Consumo de Água	7	7	1
Redução do Impacto Ambiental	34	35	17
Enquadramento em Regulações no Mercado Interno	29	20	20
Enquadramento em Regulações no Mercado Externo	8	4	2

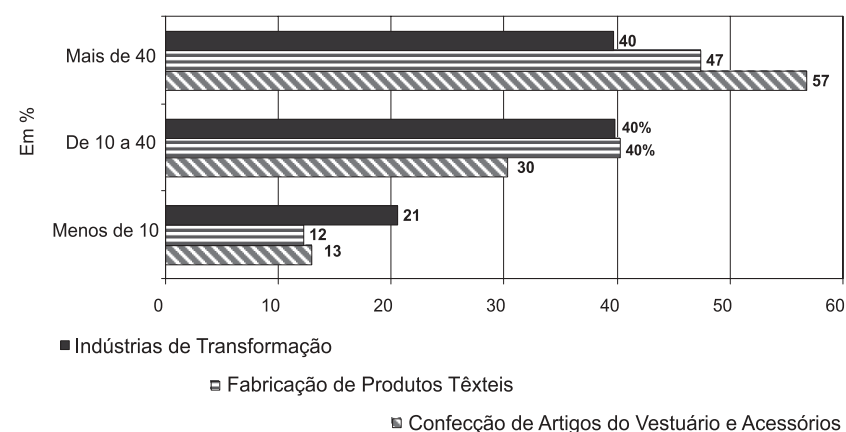
Fonte: *Elaboração do BNDES, com base em dados da Pintec 2005 – IBGE.*

Os impactos considerados mais relevantes pelas empresas na indústria e na cadeia TC coincidem e mostram que as inovações contribuíram nas questões de manutenção/ampliação de mercado, de melhoria da qualidade do produto e de aumento da capacidade e flexibilidade produtiva. Contudo, seria recomendável que os demais itens também aumentassem sua importância, pois, em nível internacional, estão se tornando fatores de vantagem competitiva, dadas as possibilidades de redução de custos e de adequação a normas internacionais.

A inovação deve criar vantagens competitivas e ter sucesso no mercado, por isso existe uma relação entre a capacidade de inovar e o desempenho financeiro das empresas. O Gráfico 11 mostra que, em 40% das empresas da indústria de transformação que implementaram inovações de produto, estes tiveram participação de mais de 40% no total de vendas líquidas em 2005. Com relação à cadeia TC, esse percentual foi ainda maior, visto que em 47% das empresas têxteis e 57% das de confecção o produto fruto da inovação respondeu por mais de 40% das vendas líquidas.

Gráfico 11

Participação dos Produtos Tecnologicamente Novos no Total das Vendas Internas (2003–2005)



Fonte: *Elaboração do BNDES, com base em dados da Pintec 2005 – IBGE.*

Contudo, apesar de existirem métodos formais³⁰ e estratégicos³¹ utilizados internacionalmente pelas empresas para garantir a apropriação desses resultados da inovação, somente 30% das empresas nos elos TC e 47% na indústria de transformação os utilizaram, fato que dificulta a potencialização dos ganhos com as inovações implementadas, embora possa estar somente refletindo o baixo grau de novidade destas no mercado.

³⁰ Patentes, marca registrada, registro de design e copyright.

³¹ Segredo industrial, complexidade do design e vantagens de tempo sobre os concorrentes.

Somente 12% das empresas do elo têxtil e 6% de confecções informaram ter enfrentado algum tipo de obstáculo que tornou mais lenta essa implementação. Os mais relevantes foram os seguintes: riscos econômicos excessivos; elevados custos de inovação; escassez de fontes de financiamento apropriadas; e falta de pessoal qualificado. Vale destacar que a falta de pessoal qualificado surgiu com mais intensidade entre as empresas da cadeia TC do que no restante da indústria de transformação, o que mostra como esse é um gargalo relevante para o desenvolvimento das inovações na cadeia.

Em suma, os dados da Pintec 2005 demonstram como o impacto das inovações é relevante para as empresas, mas, ao mesmo tempo, deixam clara a precariedade com que as atividades inovativas são tratadas na cadeia TC, com forte viés de consumidora de tecnologia. Além disso, a falta de cooperação entre as empresas, principalmente com as instituições de ensino e pesquisa, e a falta de mão-de-obra qualificada são gargalos significativos para o desenvolvimento mais agressivo das inovações.

Rocha (2005) propõe que nos países menos desenvolvidos, como o Brasil, a inovação difere dos países desenvolvidos, pois se desenvolve de maneira cumulativa e gradual, com natureza incremental e fortemente relacionada ao aprendizado organizacional interativo. Como vimos, a aprendizagem ocorre pela interação com fontes externas à empresa, tais como fornecedores de insumos e equipamentos, clientes e centros de pesquisa. Esse fato evidencia a relevância das práticas e mecanismos de gestão da informação e do conhecimento nos países menos desenvolvidos, sendo que a cooperação entre esses agentes é fundamental para alavancar a inovação empresarial.

Nesse contexto, é fundamental desenvolver no Brasil uma base ou arranjo institucional que consolide um ambiente favorável à inovação, seja no âmbito nacional, regional ou local, e do qual participem o Estado, empresas, universidades e centros de pesquisa, articulados com o sistema educacional e de financiamento. O desenvolvimento de redes de cooperação é fundamental no caso brasileiro, visto que um dos principais gargalos da cadeia TC nacional é a falta de integração ocasionada pela dificuldade de coordenação com os fornecedores.

Entretanto, conforme observado por Gonçalves (2008), ainda que o ambiente externo exerça influência sobre o comportamento inovador da empresa, este não pode ser mais importante do que a competência das empresas para processar a informação e trabalhar em rede. Apesar da necessidade de maior desenvolvimento de um ambiente institucional no país favorável à inovação, é fundamental que as empresas da cadeia TC internalizem essa

variável em sua estratégia competitiva. O *Manual de Inovação* [MBC (2008)] propõe que as práticas internas favoráveis à inovação podem ser resumidas em três grupos:

1) Difusão de Informações – ter uma comunicação aberta e constante, que possibilite a liberdade de expressão, a geração e o acúmulo de ideias;

2) Qualificação da Mão-de-obra – investir na capacitação constante de seu pessoal, tanto em suas áreas de conhecimento quanto em outras complementares; e

3) Reconhecimento do Esforço Coletivo – incentivar e premiar novas ideias, mesmo quando não tenham resultados comerciais imediatos.

Conforme Moreira et al. (2007), uma empresa inovadora é aquela que realiza investimentos sistemáticos em inovação, domina seus processos de gestão da inovação e tira proveito dos recursos de fomento disponíveis.³²

Considerações Finais

O crescimento exponencial dos produtos TC asiáticos nos mercados mundiais, em especial da China, desestabilizou os demais países produtores de têxteis e confeccionados e acirrou a competição global. Nessa conjuntura, tornou-se fundamental para a sobrevivência das empresas da cadeia TC desenvolver estratégias competitivas diferenciadas, baseadas na utilização da inovação tecnológica como um instrumento relevante para inserção no mercado mundial.

Como as inovações em máquinas e equipamentos na cadeia TC são exógenas e amplamente difundidas, os esforços para a inovação estão concentrados em:

- desenvolvimento tecnológico de produtos e processos que otimizem a utilização dos principais insumos do processo produtivo da cadeia TC – matéria-prima e mão-de-obra;
- desenvolvimento de novos produtos de maior valor agregado e diferenciados (estilo, faixa etária, gênero etc.) e a busca por novos mercados e fortalecimento de marca; e

³² Os instrumentos nacionais e estaduais de apoio à inovação estão elencados no *Manual de Inovação*, disponível no portal do Movimento Brasil Competitivo (www.mbc.org.br).

- desenvolvimento de modelos organizacionais que messem o fornecimento de produtos diferenciados com serviços qualificados (de transporte, preparação e manipulação dos materiais) para gerar uma resposta eficiente e rápida ao consumidor.

No Brasil, a estratégia competitiva das empresas é seguir as tendências de moda internacionais, encontrar nichos de mercado e oferecer produtos diferenciados (com marca e estilistas reconhecidos); em especial, buscam fortalecer a marca Brasil como característica de estilo próprio, qualidade de produto e respeito socioambiental.

Se o segmento populacional alvo for de menor renda, a preocupação maior é aumentar o número de coleções por ano e encontrar nichos de mercado por grupos específicos (faixa etária, sexo, grupos sociais específicos – *funk*, *hip hop* etc.), a fim de fomentar nos consumidores uma preocupação de estar na moda, para que evitem os produtos mais padronizados. Contudo, a otimização no uso dos recursos, buscando preços acessíveis, ainda é característica crucial.

Os esforços inovativos na cadeia TC no Brasil ainda são tímidos e fortemente baseados na compra de máquinas e equipamentos, o que enfraquece a própria estratégia competitiva escolhida e abre cada vez mais espaço para os produtos importados. O país corre o risco de ter sua cadeia desestruturada em território nacional, com um pequeno grupo de empresas formais e competitivas de caráter exportador, ao lado de um grande número de pequenas empresas informais fornecendo para o mercado interno apenas nos espaços não alcançados pelas importações.

Na conjuntura brasileira, as empresas têm a seguinte equação a ser resolvida: de um lado, enfrentar as dificuldades tributárias e de acesso a financiamentos, questões de ordem trabalhista, problemas logísticos e de infraestrutura precária, conjugado ao envelhecimento do parque fabril nacional; e, de outro lado, atender de forma adequada às exigências impostas pelos consumidores, fornecedores e concorrentes.

Por conseguinte, é fundamental que as empresas procurem desenvolver atividades inovativas de forma colaborativa, visando ao desenvolvimento de soluções que fortaleçam a montagem de sistemas integrados de produção e comercialização, associando grandes empresas a empresas menores, com vistas a diminuir custos de ordem operacional, ambiental, de energia etc. Ao governo, cabe fomentar o desenvolvimento de um sistema nacional, regional

e/ou local de inovação que permita às empresas suportar os riscos inerentes às atividades inovativas.

Atualmente, no âmbito do governo federal, a iniciativa mais relevante para aumentar a competitividade da cadeia nacional e ampliar sua inserção no comércio internacional, com foco no desenvolvimento da atividade inovativa, é a Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP), coordenada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Industrial (CNDI), com o apoio do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), do Ministério da Fazenda (MF) e do BNDES.

Em relação à cadeia TC, os objetivos principais da PDP são ampliar a competitividade e as vendas, por meio de estratégias de diferenciação de produtos e conquistas de nichos de mercado. A meta é aumentar o faturamento da cadeia de US\$ 33 bilhões, em 2008, para US\$ 41,8 bilhões, em 2010.³³ Os desafios são modernizar a estrutura produtiva industrial, fortalecer a cadeia produtiva nacional, desenvolver produtos com maior valor agregado e combater práticas desleais de comércio.³⁴

Obviamente, não se pretende dizer que o desenvolvimento de atividades inovativas seja uma panaceia para os gargalos da cadeia TC, mas é um instrumental cada vez mais relevante, cuja internalização no cotidiano das empresas da cadeia é fundamental, e o maior risco para as empresas e o país é não dominá-lo.

Referências

ABDI – AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. *Panorama setorial – têxtil e confecção*. Série Cadernos da Indústria ABDI, v. V, Brasília, 2008.

ABIT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL. “BNDES: A cadeia têxtil e de confecções – uma visão de futuro”. Apresentação realizada no BNDES, Rio de Janeiro, nov. 2008.

_____. “O setor têxtil e de confecção pós-Doha”. Brasília, agosto de 2008(a). Disponível em: <http://www.abit.org.br/apresentacao_brasilia/brasilia_area_internacional.ppt#>.

CELESTINI, J. *O final do acordo sobre têxteis e vestuário e a competitividade na indústria têxtil brasileira*. São Leopoldo:

³³ Para mais informações, ver site <http://www.desenvolvimento.gov.br/pdp/index.php/sitio/inicial>.

³⁴ Também no âmbito da PDP foi desenvolvido um estudo prospectivo, com participação de empresários do setor têxtil e consultores, visando estabelecer os paradigmas tecnológicos e inovativos a serem implementados no curto e no médio prazos, além das demais ações que devem ser priorizadas para ampliar a integração da cadeia.

Universidade do Vale dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Administração, 2006 (Dissertação de Mestrado).

MONTEIRO FILHA, D. C. M. & SANTOS, A. M. M. M. "Cadeia têxtil: estruturas e estratégias no comércio exterior". *BNDES Setorial*, Rio de Janeiro, n. 15, p. 113-136, mar. 2002.

GONÇALVES, Eduardo, "Aspectos territoriais da inovação industrial brasileira". *Boletim Regional*. Informativo da Política Nacional de Desenvolvimento Regional, n. 6, jan./abr. 2008, Brasília, Ministério da Integração Regional, p. 11-22.

GORINI, A. P. F. "Panorama do setor têxtil no Brasil e no mundo: reestruturação e perspectivas". *BNDES Setorial*, Rio de Janeiro, n. 12, p. 17-50, set. 2000.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. "Pesquisa de Inovação Tecnológica", 2005. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/industria/pintec/2005/pintec2005.pdf>>.

IEI – INSTITUTO DE ESTUDOS E MARKETING INDUSTRIAL. *Estudo do mercado de fios têxteis no Brasil*, dez. 2007(a).

_____. *Estudo do mercado potencial para tecidos índigo, sarjas e telas de algodão no Brasil*, ago. 2007(b).

_____. *Relatório Setorial da Indústria Têxtil Brasileira*, São Paulo, v. 7, n. 7, ago. 2007(c).

_____. *Relatório Setorial da Indústria Têxtil Brasileira*, São Paulo, v. 8, n. 8, ago. 2008.

INTERNATIONAL LABOUR OFFICE. *Promoting fair globalization in textiles and clothing in a post-MFA environment*. Genebra, 2005.

IPTM – INSTITUTO DE PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA E MERCADOLÓGICA. *Avaliação estrutural da cadeia produtiva têxtil e de vestuário*. Rio de Janeiro: Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial (Senai)/Centro de Tecnologia da Indústria Química e Têxtil (Cetiq), jun. 2003.

LOPES, S. S. *O Brasil e o Acordo Multifibras*. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 1994 (Dissertação de Mestrado).

MBC – MOVIMENTO BRASIL COMPETITIVO. *Manual de Inovação*. Brasília, mai. 2008.

MENDES, S. M. F. *O fim do acordo têxteis e vestuário: impactos sobre o setor têxtil-vestuário brasileiro*. Araraquara: Universidade Estadual Paulista, Programa de Pós-Graduação em Economia, 2007 (Dissertação de Mestrado).

MOREIRA, B. et al. *Onde está a inovação no Brasil?*. Disponível em: <http://www.institutoinovacao.com.br/downloads/Onde_esta_a_inovacao_no_Brasil-2007.pdf>.

OCDE — ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. “The measurement of scientific and technological activities — proposed guidelines for collecting and interpreting technological innovation data: Oslo Manual”. OCDE, 1997.

PROCHNIK, V. “Estudo da competitividade por cadeias integradas: cadeia têxtil/confecções”. *Nota Técnica Final*, Campinas, nov. 2002.

_____. *Programas regionais para modernização e difusão de tecnologia em indústrias tradicionais*. Disponível em: <http://www.ie.ufrj.br/cadeiasprodutivas/pdfs/programas_regionais_para_modernizacao_e_difusao_de_tecnologia.pdf>.

RANGEL, A. S. *Uma agenda de competitividade para a indústria paulista*. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), fev. 2008.

Revista Têxtil, São Paulo, n. 695, mai./jun. 2008.

ROCHA, E. M. P. “Indicadores de inovação tecnológica empresarial nas regiões do Brasil: análise de dados da Pintec 2003 – IBGE.” Ano 2005. Disponível em: <<http://www.institutoinovacao.com.br/downloads/indicadores-elisarocha.pdf>>.

VALOR ECONÔMICO. “Análise setorial – indústria têxtil e de vestuários”, São Paulo, jul. 2006.

VIANA, F. L. E. et al. “A indústria têxtil na Região Nordeste: gargalos, potencialidades e desafios”. *Produção On Line*, Santa Catarina, v. 8, n. 3, 2008. Disponível em: <<http://producaoonline.org.br/index.php/rpo/article/view/132>>.

PRINCIPAIS EMPRESAS E GRUPOS BRASILEIROS DO SETOR DE FERTILIZANTES

Eduardo Fernandes

Bruna de Almeida Guimarães

Romulo Ramalho Matheus*

** Respectivamente, gerente e estagiária do Departamento de Indústria Química da Área de Insumos Básicos do BNDES e economista do Departamento de Administração de Recursos Humanos da Área de Recursos Humanos do BNDES.*

FERTILIZANTES

Resumo

Este artigo apresenta um breve histórico do setor de fertilizantes no Brasil, seguido de uma análise de sua estrutura organizacional. Procurou-se discutir a situação atual das empresas do setor, sobretudo com relação ao faturamento, ao endividamento e à capacidade de produção.

Destacaram-se a trajetória dos principais grupos do setor e a contribuição de cada um para estabelecer a atual configuração setorial, mormente quanto ao padrão de concorrência no Brasil. A inserção internacional das empresas líderes do segmento, aliada ao aumento do mercado, dinamizou a estrutura brasileira, elevando sua eficiência e alargando as áreas de abrangência de mercado de cada empresa.

As primeiras fábricas de fertilizantes no Brasil surgiram nos anos 1940 e dedicavam-se exclusivamente à mistura NPK com base em fertilizantes simples importados¹. Algumas das grandes empresas do setor já atuavam no mercado no fim da década de 1940 e início dos anos 1950: Trevo (1930), Quimbrasil (1945), IAP (1945), Copas (1945), Manah (1947), Fertisul (1948), Elekeiroz (1949) e Solorríco (1956).

As importações atendiam à demanda interna de matérias-primas para fertilizantes até o início da década de 1960, pois a produção local restringia-se à exploração de uma mina de fosfato pertencente à Serrana (hoje do Grupo Bunge), descoberta nos anos 1940, no estado de São Paulo, e às unidades de amônia, ácido nítrico, nitrato de amônio e nitrocálcio da Petrobras, além de alguns produtores pioneiros de superfosfato simples (*single super phosphate* – SSP), como: Elekeiroz (1949), Fosfanil (1952), Quimbrasil (1954), CRA (1958) e Ipiranga – Fertisul (1959). Durante esse período, o Estado, por meio da política cambial, possibilitou a importação de fertilizantes em condições favorecidas. Quanto à capacidade produtiva, sua expansão se deu nos estágios finais de produção (mistura, granulação, armazenagem e distribuição).

A partir da década de 1970, o setor entrou numa nova fase. Por meio do II Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND), que englobou o I Plano Nacional de Fertilizantes, o Estado procurou reduzir a dependência externa, elevando a participação da produção nacional na oferta total de produtos finais. Investiu-se, principalmente, na produção de matérias-primas nitrogenadas e fosfatadas². Tal ação estatal foi consequência da imediata transferência do aumento dos preços do petróleo, em 1973, que acentuou dramaticamente a vulnerabilidade do país nesse setor de insumos básicos, refletindo-se no déficit da balança comercial daquele ano³. Os principais projetos apoiados, à época, foram os seguintes: unidade de mineração e concentração de rocha fosfática da Fosfertil (ex-Valep), iniciada em 1976, em Tapira (MG); complexo industrial da Fosfertil (ex-Valefertil), em Uberaba (MG), iniciado em 1976; unidade de mineração e concentração de rocha fosfática da Goiasfertil, iniciada em 1978, em Catalão (GO); unidades de produção de ácido sulfúrico e ácido fosfórico da ICC, em Imbituba (SC), iniciando a operação em 1980; e unidades de produção de fertilizantes básicos, como Trevo (1975); Profertil (1975); Beker (1976); Manah (1976 e 1979); IAP (1977); Solorríco (1977) e Sotave (1980).

¹ As primeiras unidades foram instaladas próximas a portos marítimos, como Cubatão (SP) e Rio Grande (RS).

² A FIBASE (subsidiária do BNDES, mais tarde BNDESPAR), criada em 1974, serviu de mecanismo financeiro de apoio, principalmente na forma de participação societária, para a iniciativa privada.

³ Os investimentos no período do 1º PNFC foram estimados em US\$ 2,5 bilhões. O BNDES aportou, sob as várias formas de apoio financeiro, a cifra de US\$ 1 bilhão.

Um II Plano Nacional de Fertilizantes, atuando no período 1987-1995, permitiu a concretização dos seguintes projetos: ampliação, a partir de 1989, da capacidade de produção de rocha fosfática da Arafertil, em Araxá (MG), empresa constituída em abril de 1971, cujo objetivo era o aproveitamento do Barreiro de Araxá, até então explorado pela Companhia Mineradora de MG (Comig), sem processo de concentração; instalação de uma unidade de SSP da Fertibras em Araçatuba (SP), com início em 1988; ampliação da capacidade de produção de rocha fosfática da Fosfertil, em Tapira (MG), a partir de 1988; ampliação da capacidade de produção de rocha fosfática da Serrana, em Jacupiranga (SP), a partir de 1988; e instalação de unidade de ácido nítrico da Ultrafertil, em Cubatão (SP), iniciando em 1988.⁴

A abertura da economia exigiu a reestruturação das empresas nos moldes da que houve na petroquímica, durante a década de 1990. A privatização da indústria brasileira de fertilizantes se deu entre os anos de 1992 e 1994, ocorrendo cinco leilões de venda de dois tipos bem distintos: venda de participações minoritárias (Indag e Arafertil) e venda de controle acionário (Fosfertil, Goiasfertil e Ultrafertil). A privatização dessas cinco empresas foi concluída, estendendo-se para o setor como um todo. Foi criada a principal *holding* do segmento, a Fertifós, para controlar, ao mesmo tempo, duas centrais de matérias-primas básicas e intermediárias e de fertilizantes básicos, que foram a Ultrafertil (nitrogenados) e a Fosfertil (fosfatados), hoje reunidas numa só identidade corporativa: Fosfertil.

Durante o período de forte presença estatal no setor, a Petrobras Fertilizantes S.A. (Petrofertil, criada em 1976) figurava

Tabela 1

Resultados da Privatização do Setor de Fertilizantes

(Em US\$ Milhões)

EMPRESA	DATA	RECEITA	DÍVIDAS TRANSFERIDAS	RESULTADO	ADQUIRENTE
Ultrafertil	24.6.1993	205,6	20,2	225,8	Fosfertil
Fosfertil	12.8.1992	182,0	44,0	226,0	Fertifós
Goiasfertil	08.10.1992	13,1	9,3	22,4	Fosfertil
Arafertil	15.4.1994	10,8	1,8	12,4	Serrana (Bunge)
Indag	23.1.1992	6,8	-	6,8	IAP (maior acionista, com 35% do capital)

Fonte: Matos e Oliveira (1996) e Taglialegna et al. (2001).

⁴ Neste II PNF, os investimentos realizados atingiram o valor aproximado de US\$ 1 bilhão. O BNDES aportou cerca de US\$ 500 milhões.

como um dos principais *players*. Foi por meio dessa subsidiária que a Petrobras adquiriu a Ultrafertil e, mais tarde, criou a Fosfertil e a Nitrofertil. Ao final de 1994, por causa do Programa Nacional de Desestatização, a Petrofertil praticamente encerrou suas atividades. A empresa controlada Nitrofertil foi incorporada à Petrobras, passando a ser chamada de Fábrica de Fertilizantes (Fafen), com unidades em Sergipe e na Bahia. A Petrofertil, após passar por uma alteração de seus estatutos⁵ em 1997, ficou encarregada de gerenciar o Gasoduto Brasil-Bolívia.

O segmento de matérias-primas para o setor de fertilizantes é altamente concentrado, já que o acesso aos recursos naturais é restrito. A Petrobras é a única fornecedora de gás natural, com importante participação na produção de amônia anidra (também produzida pela Fosfertil). O enxofre utilizado no Brasil é completamente importado, em razão da ausência de jazidas em território nacional. Quanto aos potássicos, 90% de nossas necessidades são atendidas por importações. As explorações de rocha fosfática são realizadas pela Bunge, pela Fosfertil e pela Copebrás.

No segmento de produtos intermediários, encontra-se novamente um alto grau de concentração, refletindo o acesso restrito às matérias-primas. Fosfertil, Bunge e Copebrás também lideram esse segmento⁶. No segmento de fertilizantes básicos, tem-se, novamente, Fosfertil e Bunge como líderes⁷.

As empresas misturadoras constituem um segmento extremamente pulverizado, geralmente com alcance regional. Entretanto, nos últimos anos, ocorreu um avanço, em direção à ponta, por parte de grandes grupos do setor. Bunge, Cargill e a Trevo (hoje Yara) são exemplos de empresas que também atuam no segmento de mistura. Destaca-se, ainda, a atuação do grupo Heringer, que abandonou o caráter de misturadora regional para se tornar um dos maiores grupos do setor.

A partir da década de 1990, o setor de fertilizantes apresentou um crescimento vigoroso, como se pode ver pelo aumento do faturamento líquido do setor (Gráfico 1). O processo de privati-

Estrutura

Situação Atual

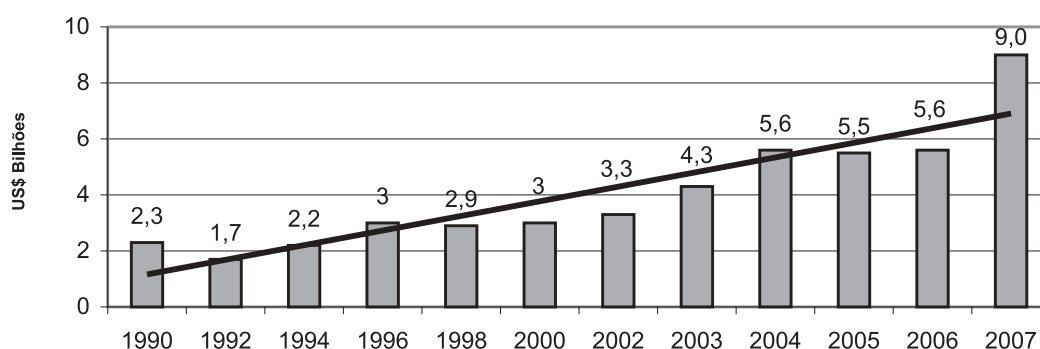
⁵ Em 1998, a Petrofertil teve sua razão social alterada para Petrobras Gás S.A. – Gaspetro.

⁶ A Fafen (pertencente à Petrobras) produz também o ácido nítrico.

⁷ Tem-se, ainda, Nitrocarbone e a Proquigel como importantes produtoras de sulfato de amônio.

Gráfico 1

Faturamento Líquido do Setor de Adubos e Fertilizantes (1990-2007)



Fonte: Abiquim.

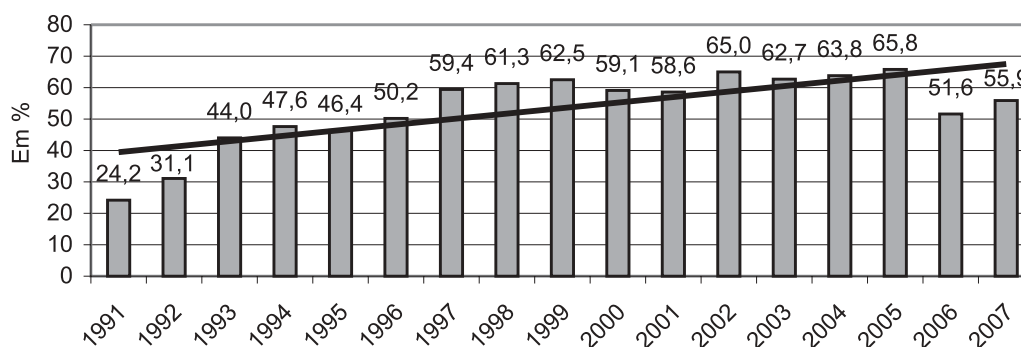
zação impulsionou os investimentos no setor e gerou uma reformulação na gestão das empresas.

Contudo, como pode ser observado no Gráfico 2, o grau de endividamento das empresas elevou-se, em resposta aos processos de expansão do período, por conta, principalmente, da importação de intermediários necessários à fabricação dos produtos finais (inclusive NPK), como enxofre (para fabricação do ácido sulfúrico) e cloreto de potássio.

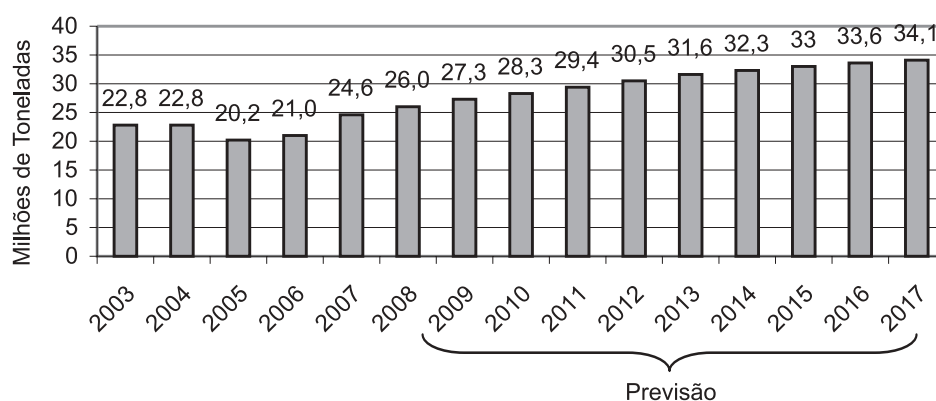
A demanda por fertilizantes está fortemente atrelada à dinâmica do setor agrícola. Diante disso, é explicável a queda brusca que a entrega de fertilizantes sofreu no ano de 2006. Estimativas da Associação Nacional para Difusão de Adubos (Anda) indicavam que somente em 2010 o Brasil retornaria ao volume de ofertas de

Gráfico 2

Endividamento Geral – Intermediários para Fertilizantes



Fonte: Abiquim.

Gráfico 3**Entrega de Fertilizantes**

Fonte: *Anda e previsão elaborada por Saab (2008).*

2004, mas já em 2007 a entrega de fertilizantes atingiu 24,6 milhões de toneladas, motivada, principalmente, pelo consumo para as culturas destinadas à produção de biocombustíveis, além de alimentos e ração animal. Essa previsão refletia a expectativa de anos desfavoráveis para o agronegócio, consequência da valorização cambial e do clima adverso em regiões específicas do país.

No entanto, o Gráfico 3 mostra uma tendência mais otimista com ligeiro aclave da curva de tendência das entregas de fertilizantes até 2017, correspondente a um crescimento médio anual de 3,06%.

Tabela 2**Receita por Empresa**

2003		2004		2005		2006		2007	
Bunge	4.389.680	Bunge	5.829.221	Bunge	4.690.800	Bunge	3.936.654	Bunge	5.522.825
Fertipar	1.425.600	Mosaic	1.689.020	Mosaic	1.383.300	Heringer	1.425.969	Mosaic	2.614.952
Heringer	1.193.700	Heringer	1.571.500	Ultrafertil	1.336.800	Ultrafertil	1.325.569	Fosfertil ³	2.421.567
Ultrafertil	1.147.164	Trevo	1.549.500	Heringer	1.285.300	Mosaic ¹	1.217.608	Heringer	2.260.800
Trevo	1.137.700	Ultrafertil	1.388.000	Trevo	1.200.300	Yara ²	1.055.414	Yara	2.123.408
Fosfertil	783.259	Fosfertil	904.700	Fosfertil	720.700	Fosfertil	831.076	Copebrás	803.499
Copebrás	575.106	Copebrás	769.408	Copebrás	701.200	Copebrás	701.173	Fertipar	791.000
Fertibras	472.400	Fertibras	537.100	Fertipar	646.200	Milenia	690.796	Milenia	747.200
Iharabrás	240.759	Fertipar	621.200	Fertibras	398.000	Fertipar	502.600	Galvani ⁴	479.300

Fonte: *Abiquim e Lafis.*

¹ A Cargill se tornou Mosaic em 2004.

² A Trevo foi adquirida pela Yara em 2006.

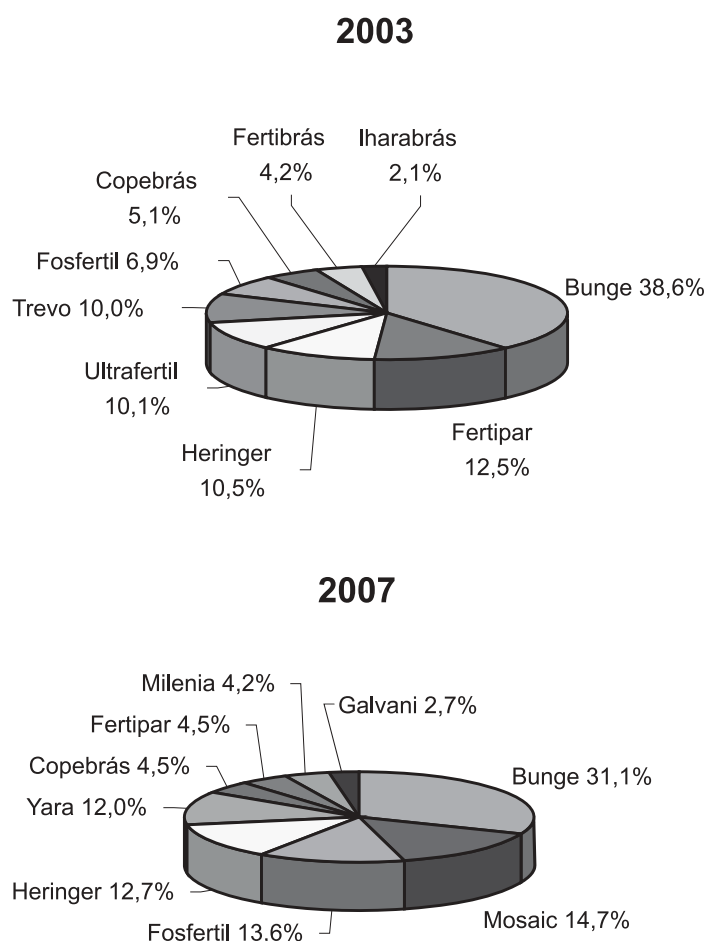
³ A Ultrafertil foi incorporada pela Fosfertil em 2007.

⁴ Consolidado.

Em relação ao faturamento líquido das empresas de fertilizantes brasileiras, houve uma rearrumação na classificação geral e crescimento razoável dos valores, após fusões e reestruturação do setor, desde 2003. A Tabela 2 mostra as mudanças e a posição das empresas e grupos por ordem decrescente de faturamento.

Gráfico 4

Market Share por Faturamento das Empresas em 2003 e 2007



Fonte: Abiquim e Lafis.

O mercado de fertilizantes distribui-se de forma relativamente estável, alterando-se pouco o *market share* dos grupos e empresas do setor, que dependem bastante da integração de suas atividades. Alguns vão da fabricação de matéria-prima à ponta, responsável pela entrega de produtos finais ao consumidor, de maior valor agregado, granulados ou misturados. Considerando os movimentos de reestruturação entre os anos de 2003 e 2007, verifica-se pelo Gráfico 4 que, além da entrada de novos grupos e empresas, como a Mosaic, quase todos os *players* praticamente mantiveram suas participações muito próximas.

A Bunge Brasil é uma das maiores empresas brasileiras no ramo do agronegócio, cujo controle acionário é detido pela Bunge Limited. Sua estrutura divide-se entre Bunge Fertilizantes e Bunge Alimentos, com 100% do controle de ambas as empresas.

A história da Bunge Fertilizantes no Brasil começou em 1938, quando surgiu a primeira empresa, a Serrana. Em 1997, a Bunge comprou a lap e, em 1998, incorporou a unidade de negócios de fertilizantes da Elekeiroz, além de adquirir parte do capital da Takenaka, detentora da marca Ouro Verde. Em 31 de agosto de 2000, nasceu a Bunge Fertilizantes, formada pela incorporação da Fertilizante Serrana à Manah⁸, cujo controle foi adquirido em abril do mesmo ano pela Bunge. Hoje, a Bunge Fertilizantes, com suas marcas lap, Manah, Ouro Verde e Serrana, é a maior empresa de fertilizantes da América do Sul e líder no segmento de nutrição animal.

Sede: SP

Origem do Capital: Estados Unidos

Estrutura Societária

Bunge Brasil S.A.	100%
-------------------	------

Produção (Toneladas de Produto/Ano)

Rocha Fosfática	1.420.000
• Araxá (MG)	850.000
• Cajati (SP)	570.000
Ácido Fosfórico	180.000
• Cajati (SP)	180.000
Ácido Sulfúrico	1.280.000
• Araxá (MG)	350.000
• Cajati (SP)	640.000
• Cubatão (SP)	290.000
Sulfato de Amônio	40.000
• Cubatão (SP)	40.000
Superfosfato Simples	2.290.000
• Araxá (MG)	850.000
• Cubatão (SP)	780.000
• Guará (SP)	360.000
• Rio Grande (RS)	180.000
• Uberaba (MG)	120.000

⁸ A Manah, uma das líderes de mercado, foi fundada em 1942.

Organização Industrial – Empresas e Grupos no Brasil

Bunge Fertilizantes

Como fato relevante e atual, vale citar que, apesar do impacto da crise econômico-financeira mundial que resultou na queda dos preços das *commodities* na balança comercial brasileira em meados e fim de 2008, recentemente os grupos Bunge Fertilizantes e Yara Brasil Fertilizantes acordaram em explorar conjuntamente a jazida de fosfato de Anitápolis (SC), a cerca de 100 km da capital Florianópolis. O projeto prevê uma produção de cerca de 540 mil t/a de superfosfato simples, insumo muito empregado na cultura da soja e hoje parcialmente importado. Entre outros motivos, o projeto encontra respaldo nos dados da FAO, divisão da ONU para Agricultura e Alimentação, segundo os quais o consumo de fertilizantes na América deverá crescer a uma taxa de 2,7% a.a., principalmente pela produção agrícola do Brasil e da Argentina. Além disso, as estatísticas mais recentes publicadas em maio de 2008 pela Associação Internacional da Indústria de Fertilizantes (IFA) indicam que o uso de adubo fosfatado está projetado para aumentar 24% ou 8,9 milhões de toneladas de P_2O_5 de 2006 até 2012.

Fosfertil

A Fosfertil foi criada, como empresa estatal, no ano de 1977, com o intuito de explorar jazidas de rocha fosfática em Patos de Minas (MG). No ano de 1980, incorpora a Valep, detentora de mina de fosfato em Tapira (MG), e a Valefertil, detentora de um complexo químico de fertilizantes em Uberaba (MG).

Outra empresa fabricante de fertilizantes, a Ultrafertil, hoje incorporada a Fosfertil, surgiu em 1965, em Cubatão (SP), como consequência da sociedade entre o Grupo Ultra, a Philips/OS Petroleum e entidades financeiras internacionais. Quatro anos mais tarde, entraria em atividade seu terminal marítimo em Santos (SP). Em 1974, a Petrobras adquiriu o controle acionário da empresa. Em 1977, ela incorporaria a Fafer – Fábrica de Fertilizantes de Cubatão, antes controlada pela Refinaria de Cubatão (Petrobras).

Em 1992, por meio do Plano Nacional de Desestatização, o controle acionário da Fosfertil foi adquirido pelo consórcio Fertifós, formado por empresas brasileiras, da ponta, do setor de fertilizantes (o grupo Bunge adquiriu algumas dessas empresas, do controle da Fertifós, entre 1997 e 2000). Em seguida, a Fosfertil abre seu capital, negociando ações em bolsa. No ano seguinte, a Ultrafertil foi privatizada, sendo adquirida pela Fosfertil. No ano de 1995, a Goiasfertil, que extraía rocha fosfática em Catalão (GO), e passou a ser controlada pela Fosfertil, incorporou a Ultrafertil e, em seguida, adotou a razão social Ultrafertil S.A.

Desde o ano de 2004, Fosfertil e Ultrafertil passaram a atuar com uma única identidade: Fosfertil. Hoje, o grupo possui unidades nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Goiás e Paraná.

A Fosfertil deve passar por um processo de reestruturação, com vistas a otimizar seus processos e aproveitar sinergias com outras empresas ligadas. Espera-se uma nova ampliação na capacidade produtiva de fosfatados, com a exploração de rocha fosfática em Patrocínio (MG) e um possível aumento da produção do Complexo Industrial de Uberaba. A Fosfertil também analisa a construção de uma nova unidade de nitrogenados, que possa utilizar gás natural como matéria-prima. Essa unidade seria construída em parceria com a Petrobras, assim com maior suporte e viabilidade para o suprimento de matérias-primas nitrogenadas no país. A capacidade instalada dessa nova unidade poderá levar o déficit atual do Brasil em nitrogenados para patamar muito baixo e até próximo de zero.

A seguir, estão relacionadas, resumidamente, informações básicas das empresas citadas acima, bem como descrita a formação da *holding* Fertifós, controladora da Fosfertil.

• Ultrafertil

Sede: SP

Origem do Capital: Brasil

Estrutura Societária

Fosfertil	100%
-----------	------

Produção (Toneladas de Produto/Ano)

Amônia Anidra	629.000
• Araucária (PR)	438.000
• Piaçaguera (SP)	191.000
Rocha Fosfática	1.045.000
• Catalão (GO)	1.045.000
Ácido Fosfórico	128.000
• Piaçaguera (SP)	128.000
Ácido Sulfúrico	400.000
• Piaçaguera (SP)	400.000
Ureia	630.000
• Araucária (PR)	630.000
Nitrato de Amônio	406.000
• Piaçaguera (SP)	406.000
Superfosfato Simples	350.000
• Catalão (GO)	350.000
MAP	253.000
• Piaçaguera (SP)	253.000
DAP	8.000
• Piaçaguera (SP)	8.000

- **Fosfertil**

Sede: MG

Origem do Capital: Brasil

Estrutura Societária

Fertifós Participações	56%
Bunge Fertilizantes	12%
Outros	32%

Produção (Toneladas de Produto/Ano)

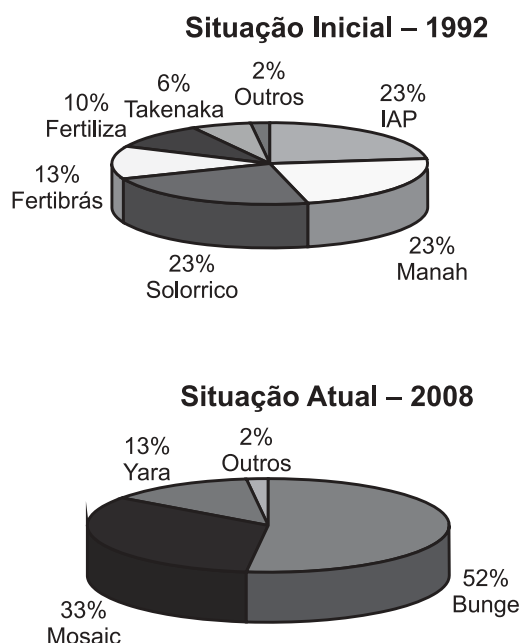
Rocha Fosfática	1.838.000
• Patos de Minas (MG)	150.000
• Tapira (MG)	1.688.000
Ácido Fosfórico	496.000
• Uberaba (MG)	496.000
Ácido Sulfúrico	1.762.000
• Uberaba (MG)	1.762.000
Superfosfato Simples	380.000
• Patos de Minas (MG)	100.000
• Uberaba (MG)	280.000
Superfosfato Triplo	435.000
• Uberaba (MG)	435.000
MAP	610.000
• Uberaba (MG)	610.000

- **O consórcio Fertifós**

A Fertifós foi formada no início da década de 1990, na forma de consórcio, com o intuito de adquirir a Fosfertil. Inicialmente, era formado por uma série de empresas nacionais do setor de fertilizantes, misturadoras e granuladoras. Durante os anos seguintes, após uma série de fusões e aquisições, o consórcio passou a ser controlado por empresas de capital estrangeiro. Não há hegemonia do sócio majoritário, já que estatutos do consórcio exigem que decisões relevantes só podem ser tomadas com aprovação mínima de dois terços do capital, o que obriga à composição de interesses. Entretanto, não são raras as divergências dentro do consórcio. Segundo analistas, as disputas se intensificaram com a conjuntura adversa do agronegócio no país. No Gráfico 5, observa-se a evolução da participação dos grupos econômicos no capital social da Fertifós.

Gráfico 5

Evolução da Participação dos Grupos Econômicos no Capital Social da Fertifós



Fonte: FIA e Valor Econômico.

A Mosaic (maior produtora mundial de fosfatos) resultou da união, em 2004, da IMC Global (*IMC – International Management Corporation*) e a Cargill Fertilizantes (*Cargill Crop Nutrition*), duas líderes em seus segmentos e ambas fortes em fertilizantes fosfatados. No Brasil, onde a IMC não tinha participação direta em ações, a Mosaic assumiu a estrutura da Cargill Fertilizantes, uma unidade de negócios da Cargill Agrícola S.A. Esta última foi fundada em 1865 nos Estados Unidos, estando ligada ao setor de *agribusiness*. No Brasil desde 1965, demonstrou interesse no mercado de fertilizantes em meados de 1990. Em 1994, com a construção de uma fábrica de fertilizantes líquidos em Monte Alto (SP), teve início a operação de fertilizantes a partir de unidade própria de produção. Em 1998, a Cargill ingressou definitivamente no mercado de mistura de fertilizantes, ao adquirir uma unidade industrial em Candeias (BA), com produção anual ao redor de 100 mil toneladas. Em julho de 1999, a companhia adquiriu o controle acionário da Solorrico e, em outubro de 2000, o da Fertiza – tradicionais empresas do setor.

Atualmente, a Mosaic está presente em 12 países: Canadá, Estados Unidos, México, Brasil, Chile, Argentina, França, Ucrânia, Rússia, Índia, China e Austrália. No Brasil, possui unidades em Alto Araguaia (MT), Candeias (BA), Cubatão (SP), Monte Alto (SP),

Mosaic Fertilizantes

Paranaguá (PR), Rio Verde (GO), Sorriso (MT) e Uberaba (MG). Sua produção se concentra em fertilizantes básicos.

Sede: SP

Origem do Capital: Estados Unidos

Heringer

O Grupo Heringer surgiu em 1968, em Manhuaçu (MG), e depois expandiu-se para Viana (ES). Hoje, a empresa também está presente em Paulínia (SP), Três Corações (MG) e Uberaba (MG), realizando a mistura de fertilizantes. A Companhia tem ainda fábricas terceirizadas em Paranaguá (PR), Camaçari (BA) e Catalão (GO). A Heringer atende a praticamente todo o território nacional, com oito unidades fabris e mais de mil canais de venda. O grupo não produz fertilizantes básicos.

No fim de 2004, o Grupo Heringer concluiu a venda de uma participação de 20,6% da empresa para o American International Group (AIG), que realizou um aporte de US\$ 22 milhões. Para que tal transação se realizasse, o grupo se transformou em S.A., inclusive com lançamento de ações em bolsa.

Sede: ES

Origem do Capital: Brasil

Yara Brasil Fertilizantes S.A.

A Yara é a líder mundial de fornecimento de fertilizantes minerais. Trata-se de uma empresa que se originou do grupo industrial norueguês Norsk Hydro, dedicado ao processamento de recursos naturais com o objetivo de satisfazer às necessidades em energia, metais leves e nutrientes agrícolas. A Hydro chegou ao Brasil em 1974 e, após 16 anos, adquiriu, por meio de seu segmento de agricultura, algumas unidades de mistura da Adubos Trevo. Já em 2000, deu-se a aquisição total da Trevo. A Yara surgiu em março de 2004, quando a Hydro Agri passou a ter autonomia plena dentro do grupo. No Brasil, a empresa adquiriu a Fertibras, no ano de 2006, consolidando-se como uma das maiores *players* do segmento.

Atualmente, a Yara conta com escritórios em cerca de 60 países. Seus produtos estão disponíveis em mais de 120 países, alcançando a posição de empresa mais globalizada do setor de fertilizantes.

O faturamento da Yara Brasil corresponde hoje a um *market share* de 15% em relação à receita total do setor de fertilizantes, com uma produção concentrada em fertilizantes fosfatados.

Do volume utilizado por região do país, o grupo Yara responde pela produção de 13,13% para o Centro-Oeste e 29,23% para a Região Sul, em relação ao produto superfosfato simples. Além disso, produz e fornece 6,39% do fertilizante superfosfato triplo (*TSP – Triple Super Phosphate*) utilizado em todo o Brasil.

- **Adubos Trevo**

A Adubos Trevo foi fundada em 1930, em Guaíba (RS). Em 1967, a construção do complexo industrial em Rio Grande (RS) ampliou consideravelmente sua capacidade de produção. Já em 1996, começou a operar um terminal portuário no Rio Grande do Sul, com capacidade para descarregar até 12 mil t/a. Foi completamente absorvida pelo Yara em 2000.

Sede: RS

Origem do Capital: Noruega

Produção (Toneladas de Produto/Ano)

Superfosfato Triplo	78.000
• Rio Grande (RS)	78.000
Superfosfato Simples	578.000
• Rio Grande (RS)	578.000

- **Fertibrás**

Em 1961, a Fertibrás iniciou suas atividades e em 1965 inaugurou sua primeira unidade industrial em Três Pontas (MG), passando a atuar na formulação de misturas NPK. Em 1977, instalou sua primeira unidade industrial de granulação e mistura em Osasco (SP). Em 1992, durante o processo de privatização do setor, a Fertibrás adquiriu uma participação no controle acionário das duas antigas estatais, Fosfertil e Ultrafertil (controladas pela *holding* Fertifós), e em 1996 ampliou sua participação acionária nas duas empresas. No ano 2000, a Fertibrás adquiriu o controle acionário da Agrofértil, empresa da Região Nordeste. Em 2006, a Yara adquiriu a Fertibrás, maior empresa de capital nacional de fertilizantes, por R\$ 278 milhões. A aquisição modificou, significativamente, a participação da Yara no mercado brasileiro. Ela detinha 9% do mercado por meio da Adubos Trevo e agora detém 14%. A compra permite que a empresa norueguesa fique com a participação de 13% que a Fertibrás tem na Fertifós. As concorrentes Bunge e Mosaic são as maiores acionistas e travam duelo pelo controle da *holding*. Ou seja, tal aquisição reproduz, no controle da Fertifós, a disputa travada no mercado brasileiro de fertilizantes entre Bunge, Mosaic e Yara.

O mercado brasileiro é estratégico para o grupo Yara, por se tratar de um dos poucos do mundo com grande potencial de crescimento (graças ao alto grau de importação, hoje acima de 60%). Apesar desse potencial, a Yara não pretende realizar, imediatamente, investimentos de expansão nas unidades da empresa já instaladas. Espera-se que o grupo otimize a sinergia entre a Trevo e a Fertibrás. Não há planos da Yara de fechar unidades produtoras. Segundo seus dirigentes, há complementaridade e sinergia entre as duas empresas.

Copebrás

A Companhia Petroquímica Brasileira, hoje Copebrás, foi fundada em maio de 1955 pela Anglo American do Brasil, empresa de capital inglês. Inicialmente, produzia Negro-de-fumo e somente em 1967 instalou sua primeira fábrica voltada para fertilizantes, produzindo ácido fosfórico e fertilizantes fosfatados de baixa e média concentração. Na década de 1970, iniciou a produção do STPP (tripolifosfato de sódio) e do gesso sintético purificado; este por sua subsidiária Gespa – Gesso São Paulo. A Gespa utiliza o gesso, subproduto da fabricação do ácido fosfórico, para produzir “gesso granulado tipo CR” (usado em cimento) e FEP (para mistura em fertilizantes). O FEP é um desenvolvimento próprio da Gespa, que atualmente é a única fornecedora desse tipo de produto na América do Sul. Em 1983, a Copebrás integrou-se com a Fosfago, detentora de uma mina de Rocha Fosfática em Catalão (GO). No ano seguinte, inaugurou em Cubatão (SP) uma unidade misturadora de fertilizantes e realizou sucessivas ampliações de capacidade até meados da década de 1990. Em 1996, verticalizou a produção de fertilizantes fosfatados em Catalão e, em 1998, vendeu sua unidade de Negro-de-fumo para a Columbian Chemicals Company, do Grupo Phelps Dodge.

Deve-se ressaltar que a produção de fertilizantes não é o *core business* da Anglo American no mundo, onde está voltada para as atividades de mineração de metais nobres, como ouro, cobre e níquel. Pode-se concluir daí que sua saída desse segmento não seria difícil de admitir ou de esperar no futuro, apesar dos seus anunciados planos de expansão, ora adiados por conta da crise econômica mundial.

Sede: SP

Origem do Capital: Brasil/Reino Unido

Estrutura Societária

Anglo American do Brasil Ltda.	73%
Elko Chemicals Inc.	27%

Produção (Toneladas de Produto/Ano)

Rocha Fosfática	1.208.000
• Catalão (GO)	1.208.000
Ácido Fosfórico	259.000
• Catalão (GO)	118.000
• Cubatão (SP)	141.000
Ácido Sulfúrico	1.056.000
• Catalão (GO)	432.000
• Cubatão (SP)	624.000
Superfosfato Simples	676.000
• Catalão (GO)	425.000
• Cubatão (SP)	251.000
Superfosfato Triplo	78.000
• Catalão (GO)	50.000
• Cubatão (SP)	28.000
MAP	113.000
• Catalão (GO)	113.000

O grupo Fertipar é formado por uma série de empresas, cada uma atuando em áreas restritas do país. A tabela a seguir mostra a relação de empresas do grupo, seu ano de fundação e sua área de atuação.

Fertipar

Tabela 3

Relação de Empresas do Grupo, Ano de Fundação e Área de Atuação

EMPRESA	CONSTITUIÇÃO	ÁREA DE ATUAÇÃO
Fertipar	1980	PR, SC, SP, MT, MS, RO, GO
Fertigran	1984	SP, MG, GO, MT
Piratini	1985	RS, SC
Centro Oeste	1990	MT, MS
Fertine	1993	PE, PB, RN, MA, PA
Fertinor	1997	BA, MG, ES
Sudeste	1998	MG, ES, RJ
Bandeirantes	2000	SP
Fertial	2002	AL, PI, RN
Atlântico	2004	PR
Fospar	1974	PR

Fonte: Fertipar.

Sede: PR

Origem do Capital: Brasil

Galvani

A Galvani surgiu na década de 1930 como indústria de bebidas e empresa de transportes, em São João da Boa Vista (SP). Nas décadas de 1960 e 1970, especializou-se no transporte e no manuseio de fertilizantes e implantou, em 1978, seu entreposto em Paulínia (SP). A partir de 1983, implantou uma unidade de fertilizantes também em Paulínia, englobando a fabricação de ácido sulfúrico, superfosfatos, granulação, mistura e ensaque de fertilizantes. Em 1992, a empresa instalou-se em Luís Eduardo Magalhães, no Oeste da Bahia, inicialmente com uma fábrica de fertilizantes líquidos. Logo após, vieram a primeira fábrica de superfosfato da Bahia, uma planta de granulação e a segunda unidade de ácido sulfúrico do estado. Atualmente, a Galvani é totalmente verticalizada na produção de fertilizantes fosfatados. Possui unidades em Alto Araguaia (MT), Paulínia (SP), Lagamar (MG), Luís Eduardo Magalhães (BA), Campo Alegre de Lourdes (BA) e Irecê (BA). Atualmente, o grupo atua ainda no segmento de engenharia, no estado de São Paulo, e na produção de “goma xantana”⁹, no Norte Fluminense.

A localização de unidades da Galvani no Nordeste lhe dá claras vantagens competitivas nos mercados da Bahia, Piauí, Maranhão e Tocantins – mercados com altas taxas de crescimento nos últimos anos. Entretanto, as condições das estradas na região têm dificultado o escoamento da produção.

O grupo deve investir, nos próximos anos, no aumento de produção de rocha fosfática em Patrocínio (MG), fruto da parceria entre a Fosfertil, a Galvani e a Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração (CBMM), embora a mineradora Galvani precise aprovar ainda várias ações e documentos nos órgãos públicos estaduais e municipais antes de iniciar suas atividades no local. Espera-se também um aumento de produção das unidades nordestinas de superfosfato e de granulados.

Sede: SP

Origem do Capital: Brasil

Estrutura Societária

Rodolfo Galvani	65%
Ronaldo Galvani	30%
Roberto Galvani	5%

Produção (Toneladas de Produto/Ano)

Rocha Fosfática	420.000
• Lagamar (MG)	250.000
• Irecê (BA)	150.000

Continua

⁹ O projeto, pioneiro no Brasil, foi financiado pelo BNDES. A goma xantana é largamente utilizada na perfuração de poços de petróleo.

• Angico (BA)	20.000
Ácido Sulfúrico	438.000
• Luís Eduardo (BA)	108.000
• Paulínia (SP)	330.000
Superfosfato Simples	700.000
• Luís Eduardo (BA)	150.000
• Paulínia (SP)	550.000

A Iharabrás surgiu em 1965, com o nome Indústrias Químicas Mitsui Ihara S.A., a partir da compra da Agropecuária e Comercial Maracanã S.A., de São Paulo, pela Mitsui & Co. Ltd. e pela Ihara Chemical & Co., ambas japonesas. Em 1968, outras empresas começaram a participar do capital: Kumiai Chemical Industry Co. Ltd., Nippon Soda Co. Ltd, Mitsubishi Corporation, Sumitomo Corporation, Sumitomo Chemical Co. Ltd, Takeda Chemical Industries Ltd. e Toho Chemical Industry Co. Ltd. Em 1972, a Mitsui & Co. Ltd. passou o controle acionário a Kumiai, sendo adotada a razão social Iharabrás S.A. Indústrias Químicas.

Iharabrás

Em 1982, foi inaugurada a unidade fabril de Sorocaba (SP), onde também está localizada a sede da empresa. O grupo brasileiro Agroinvest Kayatani S.A. adquiriu 66% das ações em 1988, porém, em 1997, cedeu parte de sua participação ao consórcio japonês, permanecendo, contudo, com a posição de acionista majoritário, com 51,2% do capital social. A empresa atua no segmento de mistura de fertilizantes.

Sede: SP

Origem do Capital: Brasil/Japão

Estrutura Societária

Agroinvest Kayatani	51,21%
Kumiai Chemical Industry Co. Ltd.	9,50%
Mitsubishi Chemical Corporation	3,64%
Nippon Soda Co. Ltd.	12,52%
Sumitomo Chemical Co. Ltd.	3,60%
Sumitomo Corporation	10,09%
Sumitomo Corporation do Brasil S.A.	1,75%
Outros	7,71%

Conclusão

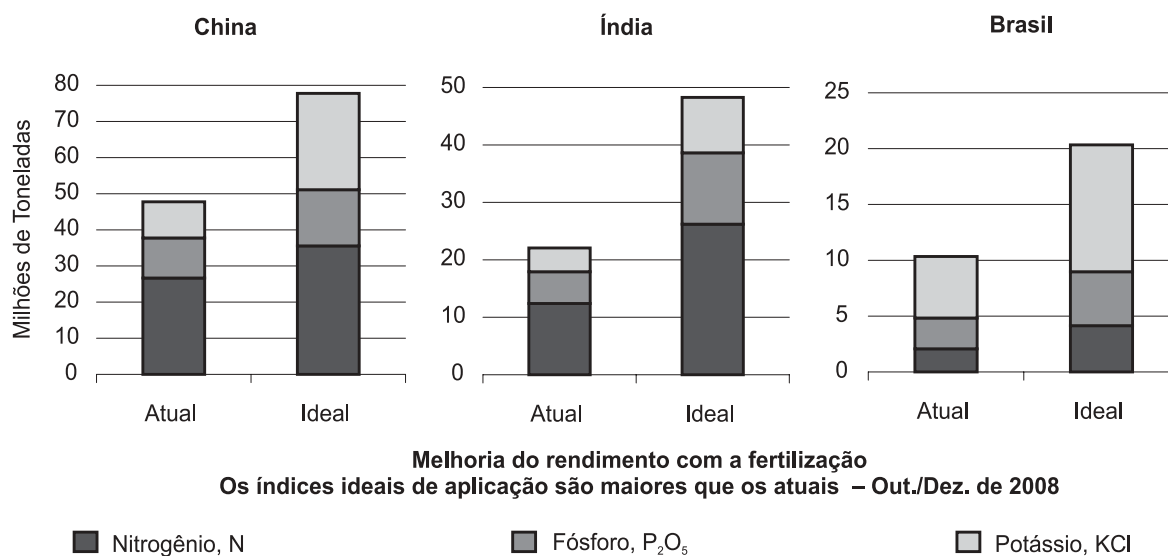
O contexto internacional da indústria de fertilizantes aponta para um processo de expansão e readequação de plantas já existentes. Sem embargo, optou-se pela criação de *joint-ventures* em países com abundância de matérias-primas baratas, além de voltar-se para matérias-primas alternativas, como o GNL e a gaseificação do carvão.

Juntamente com Índia e China, o Brasil é um mercado cobijado pelos grandes *players* internacionais do setor, em virtude do potencial de expansão da atividade agrícola. O Gráfico 6 apresenta uma estimativa otimista do crescimento dos mercados supracitados.

Destaque-se, pelo visto acima, que o Brasil precisa elevar a aplicação de fertilizantes potássicos em seus solos. A demanda brasileira por esse insumo, diante uma possível retomada da expansão agrícola, deve aumentar. A produção brasileira, entretanto, é extremamente limitada pelas reservas disponíveis. A solução, que poderia advir da exploração de minas pertencentes à Petrobras, localizadas no estado do Amazonas, parece cada vez mais distante por causa das restrições ambientais. Apesar destas, ainda existem fortes expectativas sobre a possibilidade de a Petrobras conseguir ceder o direito de exploração das minas, o que garantiria posição privilegiada para a empresa vencedora, já que a maior parte do potássio consumido no Brasil é importada. Embora o aproveitamento dessas reservas ainda esteja pendente de definição da Petrobras,

Gráfico 6

Consumo Potencial de Fertilizantes



Fonte: IPNI, Fertecon, PotashCorp.

detentora da concessão de lavra, há notícias sobre a empresa Falcon Metais como possível exploradora dessa mina.

As variações nos preços de insumos energéticos, sobretudo do petróleo, continuarão a afetar os preços dos nitrogenados. Esse movimento foi contrabalançado, nos últimos anos, pelo câmbio valorizado. Entretanto, o atual patamar cambial reduz a demanda brasileira por fertilizantes, ao diminuir a renda da agricultura.

O setor de fertilizantes brasileiro tende a prosseguir no seu processo de reestruturação iniciado após as privatizações da década de 1990. As sucessivas incorporações ocorridas no setor revelaram a necessidade de aumentar a escala e, consequentemente, a eficiência. Parte considerável dos grupos brasileiros possuía presença regional. No atual estágio, os grupos empresariais atuam em áreas diversas do território nacional, em especial nas fronteiras agrícolas do Brasil.

Não obstante, destaca-se o avanço considerável de empresas estrangeiras sobre o setor. Bunge, Mosaic e Yara dominam a produção nacional e acirram a concorrência. Os movimentos realizados por essas três empresas configuram no Brasil uma réplica de disputas internacionais: entre a Cargill e a Bunge, sobretudo no setor de alimentos; entre a Cargill e a Yara, já que a primeira, ao se associar com a IMC Global, ganhou fôlego na disputa com a segunda, líder mundial de fertilizantes.

O mercado internacional foi marcado, durante os últimos anos, por uma série de fusões e aquisições, o que acarretou maior acirramento da concorrência. O Brasil, mercado extremamente relevante, foi palco desses movimentos empresariais. Notadamente, a aquisição da Fertilbrás pelo grupo Yara e a transformação da Cargill Fertilizantes em Mosaic enquadram-se nesses movimentos. Recentemente, a Bunge e a Fosfertil anunciaram a intenção de fusão entre as duas empresas. Esse processo aumentaria a concentração no setor e daria maior fôlego para o Grupo Bunge diante da disputa pelo mercado nacional com a Yara e Mosaic – a primeira e a segunda empresas líderes no mundo, respectivamente. Esta última fusão, dependente da aprovação do Conselho Administrativo de Defesa Econômica (Cade), poderá encontrar obstáculos por parte do consórcio Fertifós, onde a Bunge possui maioria, mas não o controle absoluto, dividido com Mosaic e Yara.

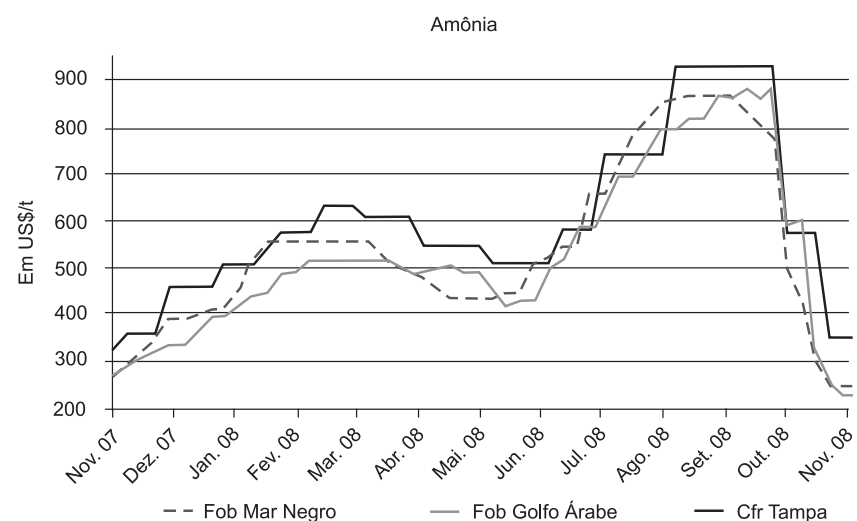
Na segunda metade do exercício de 2008, observou-se o *boom* que as *commodities* (especificamente as agrícolas) tiveram no mercado mundial. Os preços delas em julho, graças a um longo período de constante valorização, estavam extremamente pressionados e motivaram movimentos significativos do setor do agrone-

gócio. Esse período foi extremamente significativo, pois constituiu o momento básico da tomada de decisão dos agricultores para plantio.

Ressalte-se também que nesse mesmo ano, com a valorização do barril de petróleo e do gás natural utilizado na fabricação de fertilizantes nitrogenados (amônia), o preço da tonelada desse produto duplicou. Como exemplo desse comportamento, o Gráfico 7 ilustra a curva de aumento do preço da amônia, insumo básico para a produção de ureia e outros fertilizantes derivados.

Gráfico 7

Evolução do Preço da Amônia nos Últimos 12 Meses (Nov. 2007/Nov. 2008)



Fonte: *Fertilizer Week*.

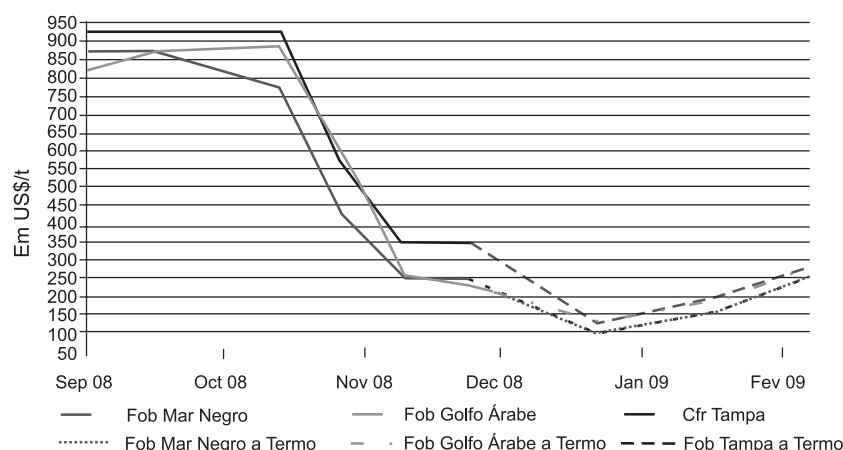
Aquele cenário nacional, fruto do setor externo, refletiu-se fortemente nas expectativas e nas decisões dos agricultores, preparando-os para um incremento do plantio, com toda técnica disponível e, portanto, uso intensivo de fertilizantes.

Com isso, houve forte antecipação das compras. Até julho de 2008 foram entregues no Brasil cerca de 13,9 milhões de toneladas de fertilizantes, representando cerca de 20% a mais do que o mesmo período de 2007, quando as entregas alcançaram 11,6 milhões toneladas. O resultado disso foi que, em novembro do mesmo ano, o estoque de fertilizantes atingiu 7 milhões de toneladas no país e ainda se encontra com preço médio elevado por tonelada.

Observou-se, nos meses subsequentes, substancial queda dos preços das *commodities* agrícolas, ocorrida de julho até novembro de 2008: o preço do *bushel* da soja reduziu-se de US\$ 16,80 para US\$ 9,20; o do milho, de US\$ 6,80 para US\$ 3,75; a saca de café,

Gráfico 8

Preço da Amônia nos Últimos Três Meses de 2008 e Previsão para o Início de 2009



Fonte: *British Sulphur Consultants*.

de US\$ 155,00 para US\$ 116,00 e a A.T.R (açúcar total recuperável) da cana, de US\$ 0,153 para US\$ 0,117. É importante destacar que essas *commodities* agrícolas consomem 73% dos fertilizantes no país.

Dessa forma, com grandes estoques adquiridos a preços médios elevados, e enfrentando o choque da diminuição de consumo com a queda de preço das *commodities*, foi gerado forte desequilíbrio por causa das importações de fertilizantes efetuadas.

Na primeira oportunidade, os agricultores anteciparam suas compras a preços altos. Depois alguns dos principais fertilizantes, embora tenham caído de preço, não encontraram compradores e as empresas da ponta ficaram endividadadas. A título de exemplo do comportamento dos preços esperados para os fertilizantes, temos a amônia, cujo preço reflete o mesmo comportamento dos demais. O preço desse fertilizante, que em setembro/outubro de 2008 era de US\$ 931,00/t, reduziu-se para US\$ 125,00/t em dezembro do mesmo ano.

Como citado, no Brasil e no mundo, os preços dos fertilizantes tiveram altos reajustes no terceiro trimestre de 2008, constituindo um dos principais fatores de pressão inflacionária no setor. Todavia, não há consenso entre os analistas de mercado com relação ao ano de 2009. Relatório divulgado pelo Citigroup prevê um ano de incertezas para as empresas, com queda nos volumes e preços de venda. Contudo, considera, para 2010, estimativas positivas com possível recuperação.

Previsões do grupo de consultoria inglesa CRU (British Sulphur) chamam a atenção para uma depressão do mercado de ureia motivada por preços mais baixos relativos a encomendas de volumes consideráveis, principalmente do subcontinente indiano. Ao mesmo tempo em que isso pode ser a causa da parada de plantas dos produtores do Mar Negro, da Europa, dos Estados Unidos e do Sudeste da Ásia, induz igualmente a uma recuperação suave dos preços em janeiro, que, se houver um moderado aumento na demanda, levará o consumo de amônia a subir abruptamente no período, fornecendo uma reversão momentânea dos preços no início de 2009. Essas premissas foram retratadas no Gráfico 8.

Referências

- ANDRADE, J. E. et al. "A indústria de fertilizantes". *BNDES Setorial*, v. 1, n. 7, p. 93-109, jul. 1995.
- ABIQUM – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA QUÍMICA. *Anuário da Indústria Química Brasileira*. São Paulo, 2005 e 2008.
- ANDA – ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS. *Anuário Estatístico do Setor de Fertilizantes*. São Paulo, 2005.
- BRITISH SULPHUR CONSULTANTS. *Short Term Forecast*, 9 de dezembro de 2008.
- DIAS, V. P. & FERNANDES, E. "Fertilizantes: uma visão global sintética". *BNDES Setorial*, Rio de Janeiro, n. 24, p. 97-138, set. 2006.
- LAFIS. Brasil - Insumos Agrícolas: Fertilizantes. São Paulo, 2008.
- Market Mosaic, v. 4, n. 3, ago. 2008.
- MATOS FILHO, J. C. & OLIVEIRA, W. A. "O processo de privatização das empresas estatais brasileiras". Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/pub/td/1996/td_0422.pdf>. Acesso em: 10 de dezembro de 2008.
- POTASHCORP. Agriviews, outono de 2008. Disponível em: <http://www.potashcorp.com/media/pdf/npk_science/agriview_archive/potashcorp_agriviews_fall2008.pdf>. Acesso em: 27 de janeiro de 2009.
- SAAB, Ali Aldersi. Fertilizantes – IEA – Reunião Técnica da Câmara Setorial de Milho, apresentação em 16 de setembro de 2008.
- TAGLIALEGNA, G. H. et al. *Concentração na indústria brasileira de fertilizantes e estratégias empresariais*. Anais do "Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural", Recife, Sober, p. 1-9, 2001.

Sites Consultados

www.adubostrevo.com.br

www.bungefertilizantes.com.br

www.copebras.com.br

www.fertipar.com.br

www.fosfertil.com.br

www.galvani.ind.br

www.heringer.com.br

www.iharabras.com.br

www.mosaicco.com.br

UM PANORAMA DA INDÚSTRIA DE BENS DE CAPITAL RELACIONADOS À ENERGIA EÓLICA

Rafael Alves da Costa

Bruna Pretti Casotti

Rodrigo Luiz Sias de Azevedo*

** Respectivamente, coordenador de serviços e economistas do Departamento de Indústria Pesada da Área Industrial do BNDES.*

BENS DE CAPITAL

Resumo

Nos últimos anos, as preocupações acerca do aquecimento global deixaram a esfera puramente científica para ganhar forte engajamento popular e político. Essa pressão de caráter socioambiental, somada à alta volatilidade do preço do barril de petróleo, tem gerado uma demanda crescente pelo desenvolvimento de energias limpas e renováveis. Entre elas, merece destaque a energia eólica, a qual, apesar de ainda inexpressiva na matriz energética global, vem experimentando acelerado crescimento. Apenas no período de 2000 a 2007, a capacidade eólica instalada no mundo aumentou 600%.

Entretanto, o custo de geração de energia eólica ainda é alto se comparado a outras fontes, mesmo as renováveis. O baixo patamar atual do preço do petróleo contribui para aumentar essa discrepância, mas não deverá condenar o setor eólico no longo prazo, uma vez que a geração deste tipo de energia é estratégica para muitos países e, portanto, deverá ser mantida nos principais programas energéticos governamentais.

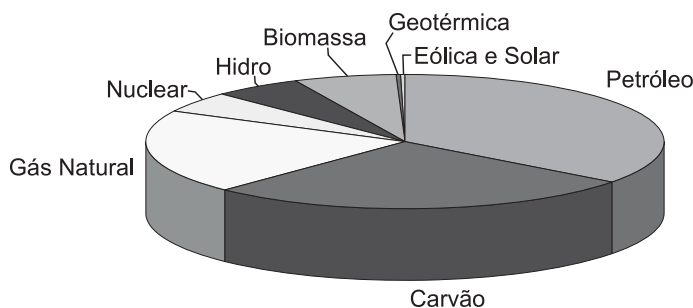
Com isso, mais fabricantes de aerogeradores e componentes ingressam nessa recente indústria que apresenta caráter oligopolista, dadas as necessidades de escala e tecnologia. No Brasil, mais empresas demonstram interesse pelo setor, e um comprometimento do governo de longo prazo com o desenvolvimento dessa energia renovável é fundamental para garantir a formação no país de uma cadeia de equipamentos eólicos.

A Energia Eólica

Formados pela associação da radiação solar e da rotação planetária, os ventos são uma fonte inesgotável de energia e, portanto, uma opção energética sustentável no longo prazo. Em uma sociedade na qual 61% da oferta de energia primária é advinda do carvão e do petróleo e na qual 47% da eletricidade é gerada por meio do consumo destes dois combustíveis não renováveis, é importante que as autoridades tenham desde já um plano de substituição gradual da matriz global para garantir energia às gerações futuras.

Gráfico 1

Fontes de Energia Globais em 2006



Fonte: IEA, 2008.

Além de a energia eólica ser renovável, há outros pontos que merecem destaque no seu processo de geração, como o baixo impacto ambiental, uma vez que não é utilizada água nem são emitidos gases geradores do efeito estufa durante toda a fase de operação dos aerogeradores. Diferentemente de uma usina hidrelétrica ou nuclear, a usina eólica não apresenta perigo de vazamento de combustível.¹ Há ainda a possibilidade de ocupação do solo, por lavoura ou pastagem, no perímetro da usina eólica.² A base do equipamento ocupa uma área relativamente pequena, e as suas hélices ficam muitos metros acima do solo, não representando risco aos animais passantes.

Além do aproveitamento dos ventos do continente, a tecnologia do setor permite a instalação de aerogeradores em alto-mar. Essa pode ser uma solução para os centros urbanos com alta den-

¹ Em uma usina hidrelétrica, há o risco de desabamento da represa e, nesse caso, a área vizinha à usina pode ficar submersa. Durante a construção da usina hidrelétrica de Três Gargantas, na China, a margem da represa desabou em 91 pontos e uma área equivalente a 36 quilômetros foi submersa, segundo informações do site da BBC-Brasil em 26.9.2007. Ainda segundo o site, quando a terra cede em um lado da costa, levanta ondas de quase 50 metros que se propagam até a margem oposta e causam desgaste do solo, resultando em novos desabamentos e risco à população que vive próxima à usina.

² Isso é verdade para os modelos de aerogeradores com eixo horizontal, utilizados nos parques eólicos mais modernos.

cidade populacional que não podem instalar turbinas eólicas entre prédios, mas que possuam bom potencial eólico marítimo.

A possibilidade de as turbinas eólicas serem utilizadas tanto em conexão com redes elétricas como em lugares onde a rede não está disponível permite que regiões isoladas geograficamente que apresentam boa classe de ventos³ gerem sua própria energia sem incorrer em custos altos com redes de transmissão. Porém, por causa da sazonalidade dos ventos, não se pode descartar a necessidade de complementação com outras fontes de energia.

A relativa rapidez com que as turbinas podem ser instaladas também é um ponto atrativo. O North Hoyle, primeiro parque eólico *offshore* da Inglaterra, foi construído em apenas oito meses e tem capacidade instalada de 60 MW. A menor complexidade envolvendo infraestrutura e o baixo impacto ambiental permitem a rápida emissão de licenças desse tipo, que são, muitas vezes, a razão do atraso da instalação de projetos energéticos, como os de usinas hidrelétricas.

Embora não seja nulo, é baixo o risco de desencadeamento de conflitos geopolíticos apresentado pela energia eólica, uma vez que não há reserva de combustível em disputa e os problemas de exploração de recursos na fronteira são minimizáveis.

Como pontos negativos, estão a inconstância e a imprevisibilidade do fluxo dos ventos – combustível básico dessa usina. Mesmo nas localidades em que os ventos apresentam fluxo contínuo, existem alternâncias sazonais e diárias na sua intensidade, podendo impactar as tensões da rede elétrica local.

Em princípio, alternâncias sazonais constituem uma dificuldade comum a outras fontes de energia renovável, como a hidrelétrica, que sofre com as cheias e vazantes dos rios. A diferença é que a usina eólica não tem como armazenar o combustível nos períodos em que ele é abundante. Isso torna necessária a manutenção de uma capacidade de produção excedente de outros tipos energia para os momentos de “escassez”⁴ ou “excesso”⁵ de ventos.

Alternativas criativas têm sido aplicadas para contornar dificuldades como essas. À noite, quando o consumo de eletricidade

³ Os ventos são ordenados em classes (0, 1, 2, 3...) de acordo com a velocidade, a turbulência e a regularidade que apresentam. Quanto maiores a regularidade e a velocidade média, mais baixa é a classe de ventos.

⁴ “Escassez de ventos” ocorre quando a velocidade dos ventos fica abaixo da velocidade mínima para o aerogerador entrar em funcionamento.

⁵ “Excesso de ventos” ocorre quando as rajadas de ventos são tão fortes que obrigam os aerogeradores a parar de operar temporariamente a fim de evitar danos à rede e ao equipamento.

é menor, parte da energia eólica produzida é perdida nos lugares em que os aerogeradores não estão conectados à rede. Para reduzir essa perda, algumas localidades vêm direcionando a energia gerada durante a madrugada para aquecimento de água, sistema de calefação de residências e carregamento de baterias. Hipoteticamente, seria possível usá-la para promover a eletrólise da água e assim produzir hidrogênio, para ser estocado e utilizado na alimentação de turbinas a gás em usinas de apoio.

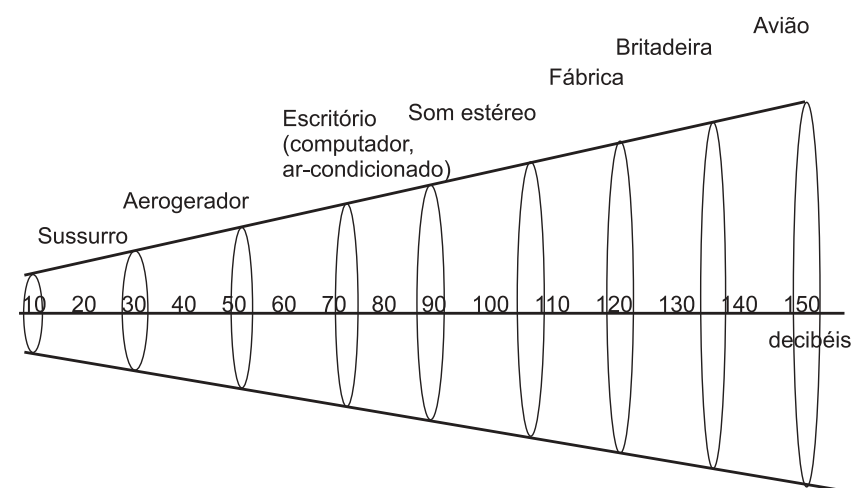
A imprevisibilidade dos ventos não pode ser levantada como argumento inviabilizador da expansão da capacidade eólica no mundo; afinal, essa fonte não deve ser usada como exclusiva na matriz de uma região. O correto é compreender a energia eólica como uma fonte coexistente e complementar às demais disponíveis.

O ruído é apontado como um resíduo indesejável da operação das usinas eólicas. A intensidade do ruído depende muito do modelo dos equipamentos e da localização do parque. Muitos fabricantes alegam que parte do ruído que se ouve nesse tipo de usina é causada pelo próprio zumbido dos ventos e não pelos aerogeradores. Os equipamentos modernos apresentam motor mais silencioso e pás com aerodinâmica especialmente projetada para reduzir o som gerado pelo “corte” do vento pela pá em seu movimento de rotação. Estudo realizado pela American Wind Energy Association (AWEA) e publicado no *Global Wind Energy Outlook 2008* revela que, a uma distância de 350 metros da turbina, o ruído é de aproximadamente 35 a 45 decibéis, isto é, mais baixo que aquele presente em um ambiente de escritório.⁶

Outro impacto negativo das centrais eólicas é a possibilidade de interferências eletromagnéticas, que podem causar perturbações nos sistemas de comunicação e transmissão de dados (rádio, televisão etc.). Essas interferências variam tanto com as especificidades geográficas do local em que a usina está instalada quanto com o material utilizado no aerogerador. Antes da instalação do parque dinamarquês *offshore* Tuno Knob, essa problemática foi levantada, principalmente em razão das possíveis consequências nos sistemas de navegação e comunicação locais. No entanto, durante os 18 meses de operação do parque, nenhum efeito adverso foi sentido sobre esses sistemas.

⁶ Em um moderno parque eólico espanhol produtor de 5.270 MWh ao ano, estimou-se a geração de ruído pelas turbinas em cerca de 105 decibéis, isto é, 25 pontos acima do que é considerado limite de conforto humano. No entanto, a distância do parque à zona residencial eliminou qualquer problema dessa ordem aos moradores. Em outro parque na Inglaterra, a operação de mais de 100 turbinas apenas causou acréscimo de 2 decibéis nos níveis de ruído originais para distâncias acima de 1,5 quilômetro do aerogerador. A aldeia mais próxima sentiu incremento de apenas 0,05 decibéis.

Figura 1
Nível de Ruído de Diversas Atividades



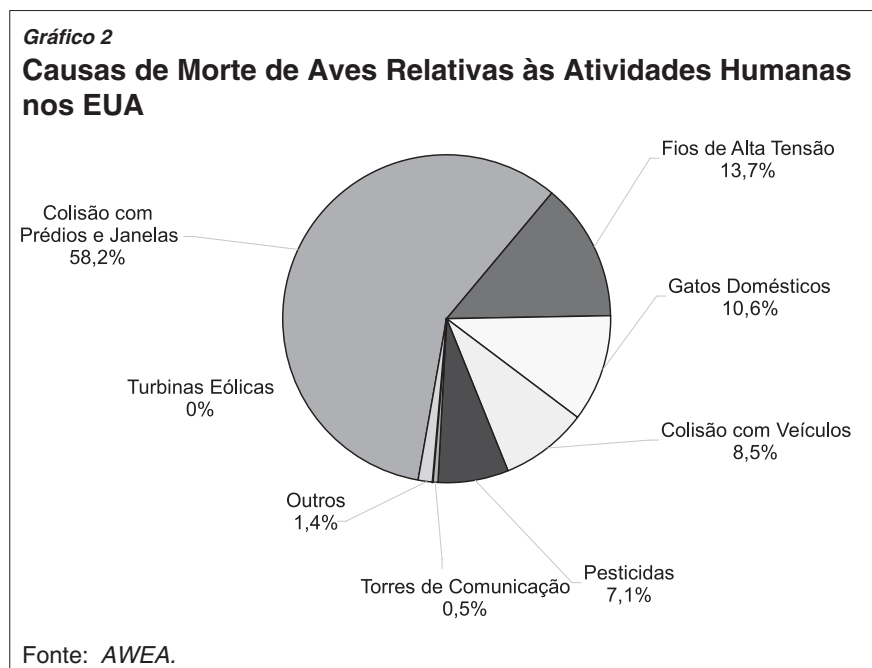
Fonte: Elaborada com base em GWEC (2008).

Alguns ambientalistas contestam a classificação da energia eólica como de baixo impacto ambiental, pois a) dependendo da sua posição, o aerogerador pode afetar a rota migratória de aves e causar acidentes; b) aerogeradores *offshore* podem afetar o equilíbrio do ecossistema marítimo; e c) a manufatura das turbinas eólicas gera emissões de gás carbônico.

Quanto ao item “a”, os fabricantes de equipamentos argumentam que isto poderia ser verdade em relação aos primeiros parques eólicos, para os quais não se exigia um estudo de rotas migratórias antes da sua instalação. Para eles, está havendo um alarde exagerado sobre esse tema que não condiz com as estatísticas reais. Estima-se que nos EUA o número de aves mortas por MW instalado de capacidade eólica varie de um a seis por ano, o que é considerado insignificante. Trata-se de 0,1% das mortes não-naturais de aves no país. Para reduzir ainda mais esta taxa, alguns parques vêm instalando estímulos visuais e auditivos nas torres eólicas, evitando a colisão de aves [Rey e Oliveira (2005)].

Na Espanha, estatísticas levantadas com o universo de mil turbinas mostraram que a taxa de mortalidade de aves está entre 0,1 e 0,6 por turbina ao ano. Finalmente, estudos realizados na Alemanha, Dinamarca e Holanda, em parques que operam há muito anos, não registraram mudança importante no número de aves e espécies desde a instalação dos aerogeradores.

Quanto ao item “b”, um estudo constatou que o ruído e as demais externalidades do parque dinamarquês *offshore* de Vindeby não geraram efeitos negativos para a fauna marítima local.⁷



Quanto ao item “c”, estima-se que um período de seis meses de operação da turbina é suficiente para virtualmente compensar todo o CO₂ emitido durante a sua construção [GWEC (2008)], enfraquecendo, portanto, o argumento inicial, uma vez que cada turbina se manterá em operação por décadas.

O modelo dos aerogeradores, sua disposição no espaço, bem como a própria paisagem natural do lugar, têm forte influência sobre a avaliação visual de um parque eólico. Enquanto alguns parques causam incômodo visual à vizinhança, outros são usados como cartões-postais. Esse impacto na paisagem, gerado pelos imensos aerogeradores, não pode ser ignorado, mas trata-se de um tema muito subjetivo para ser abordado no presente estudo.

A proximidade de aerogeradores também pode desencadear ataques epiléticos em pessoas suscetíveis. Esse efeito pode ser evitado desde que as lâminas operem abaixo de 50 rpm e, por essa razão, a velocidade de rotação limite para esses equipamentos é de 45 rpm [Abreu (2006)].

⁷ Curiosamente, foram registrados efeitos positivos. A população de bacalhau aumentou desde a implantação dos aerogeradores, em razão do surgimento de recifes em torno das bases das torres das turbinas.

Finalmente, um fator a ser considerado é o destino dos aerogeradores ao fim de sua vida útil. Com durabilidade média de vinte anos, esses equipamentos ainda não tiveram tempo de se tornar centro de uma polêmica mundial. No entanto, por serem produzidos com fibra de vidro – material não-biodegradável – e resina epóxi⁸ – material de difícil reciclagem –, torna-se necessário apontar desde já o destino para esses produtos após a sua inutilização.

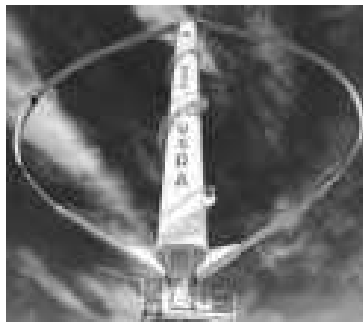
Os Aerogeradores

O aerogerador (ou turbina eólica) é um dispositivo que tem como função converter em energia elétrica a energia cinética presente no movimento das massas de ar. Esses equipamentos são apresentados nos mais variados modelos, podendo ter eixo vertical ou horizontal.

O eixo vertical é montado perpendicularmente ao solo. A principal vantagem dessas turbinas é não necessitar de um mecanismo que ajuste a direção do seu eixo quando a direção do vento muda. A desvantagem é o fato de suas pás terem os ângulos constantemente alterados, o que limita o seu rendimento e causa vibrações acentuadas em toda a sua estrutura. Por último, esse modelo fica suspenso por cabos de amarração a poucos metros do solo, o que inutiliza uma parte maior da região em que é implantado. Como pouca altura implica baixa velocidade do vento, a potência máxima extraída por área varrida pelas pás é baixa se comparada à dos aerogeradores com eixo horizontal, tornando o primeiro tipo pouco adequado para geração de energia elétrica e mais indicado para bombeamento de água.

Figura 2

Aerogerador com Eixo Vertical



Aerogerador com Eixo Horizontal



Fonte: Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (Cresesb).

⁸ Mais precisamente, as hélices do aerogerador são compostas desse material. A torre pode ser construída com cimento e/ou aço.

Já os modelos de eixo horizontal são montados paralelamente ao solo. Turbinas deste tipo necessitam de mecanismos que permitam o constante reposicionamento do eixo do rotor em relação à direção do vento, para um melhor aproveitamento energético. Como vantagem, suas hélices ficam suspensas a muitos metros do solo por uma torre, o que permite que o equipamento, além de ocupar pouco espaço no solo, esteja posicionado em uma altura em que a velocidade dos ventos é maior.

O modelo horizontal pode ter uma ou múltiplas pás. Os modelos mais populares são aqueles de três pás, por apresentarem maior eficiência energética em razão da melhor distribuição das tensões diante das mudanças de direção do vento.

Esses modelos são basicamente compostos de três partes: a torre, as pás e a nacelle – onde fica o coração do equipamento, o gerador.

- **Torre**

As torres são, em geral, de concreto ou aço e recebem tratamento especial anticorrosivo quando são do tipo *offshore*. Suas dimensões dependem muito da capacidade instalada da turbina em questão. É comum ver modernos aerogeradores de 3 MW de potência com torres de quase 100 metros de altura. Alguns modelos têm elevadores internos, que facilitam o acesso até o gerador, em caso de manutenção.⁹ Outros utilizam apenas as escadas para a realização desse trajeto.

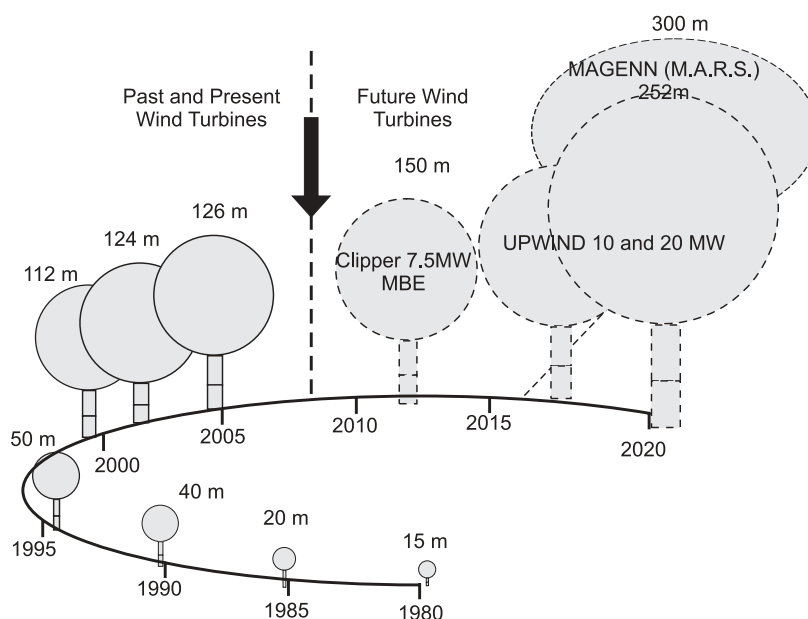
Dependendo da sua altura, a torre é transportada e instalada em “módulos”. Torres de 50 metros podem pesar 60 toneladas, dependendo do material utilizado.

Na maioria das vezes, o fabricante do aerogerador é o responsável pela instalação da torre nas dependências do cliente e esse componente pode representar mais de 20% do custo total do equipamento.

⁹ A necessidade de manutenção de um gerador é de aproximadamente cinco dias por ano.

Figura 3

Evolução da Altura da Torre nos Últimos Anos



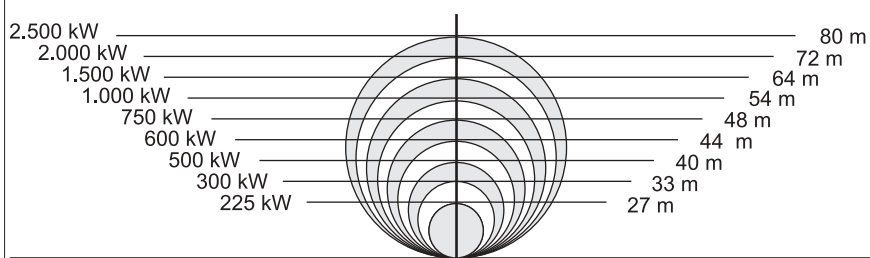
Fonte: Garrad Hassan (figura extraída da apresentação da Proventos no Congresso Wind Forum Brazil 2009).

• Pás

Da mesma forma que na torre, as dimensões das pás dependem da capacidade da turbina e, ao longo do tempo, observou-se uma tendência em direção à instalação de turbinas mais potentes. Equipamentos com capacidade de 1,5 MW podem apresentar hélices que pesam 9 toneladas cada. Dessa forma, a logística associada à venda desse componente é complexa e custosa.

Figura 4

Potência Gerada de Acordo com o Diâmetro do Rotor do Aerogerador¹⁰



Fonte: BNDES e www.windpower.org.br.

¹⁰ Esta relação é apenas uma aproximação feita em 1998, obtida no site <http://ajlreis.awardspace.com/eolica/Como%20funciona%20um%20aerogerador.pdf> e realizada com base em informações de www.windpower.org.br. É possível que esteja defasada, levando-se em conta as tecnologias mais modernas.

Existem, basicamente, três tipos de fabricantes nesse mercado. Um deles é especializado na produção de pás com dimensões padronizadas (“de prateleira”), como é o caso da dinamarquesa LM. O outro é especializado na fabricação de pás sob encomenda, como é o caso da brasileira Tecsis. Finalmente, existem empresas que não fabricam apenas pás, mas todos os componentes do aerogerador – caso da Wobben (subsidiária brasileira da alemã Enercon).¹¹

As pás são, em geral, fabricadas com fibra de vidro e resina epóxi¹² e podem significar mais de 20% do custo total do equipamento.

- **Nacele**

A nacele é a caixa que guarda vários sistemas de controle, além do gerador.

As turbinas podem ter dois tipos de geradores. Um deles depende da existência de uma caixa multiplicadora que o conecta ao eixo e tem como função aumentar a velocidade de rotação que chega até o gerador. Estima-se que 80% das máquinas produzidas, até 2007, usassem esse tipo de tecnologia, que é menos silenciosa, dado seu custo de aquisição inferior. No entanto, seu custo de manutenção é mais elevado, pois a caixa multiplicadora necessita, em média, de três substituições ao longo da vida útil do aerogerador. Já no segundo tipo de turbina, o gerador vem diretamente acoplado ao eixo, não necessitando de uma caixa intermediária. Empresas como a Vensys e a Enercon dominam essa tecnologia, que é tida como mais sofisticada e cara, embora apresente menor custo de manutenção.

Recentemente, alguns fabricantes investiram na produção de aerogeradores com multiplicadores do tipo planetário em vez de multiplicadores paralelos (convencionais) e alegam serem mais silenciosos e eficientes.

Os sistemas de controle, gerador e demais sistemas que equipam a nacele chegam a representar 60% do custo do aerogerador.

Considerando todo o parque eólico, é possível que o custo com os aerogeradores represente 80% do custo final do projeto,

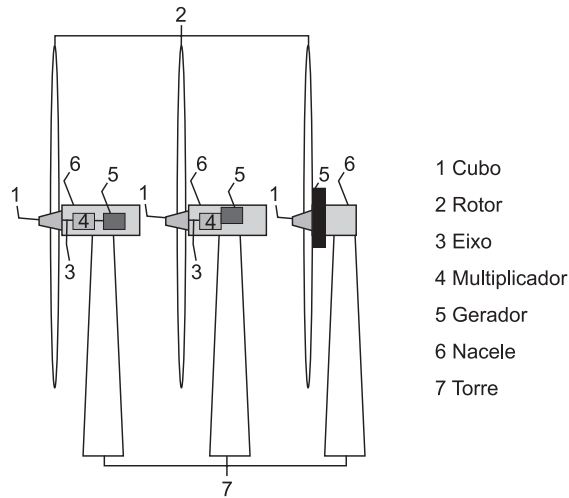
¹¹ A Wobben também exporta as pás dos aerogeradores isoladamente.

¹² O uso da fibra de carbono na fabricação das hélices reduziria sensivelmente o peso desse componente e vem sendo combinada à fibra de vidro por alguns fabricantes. Mas o alto custo do material o torna pouco utilizado e, às vezes, proibitivo.

sendo os 20% restantes referentes a obras de infraestrutura, construção de subestações, cabos e linhas.

Figura 5

Componentes do Aerogerador



Fonte: Cresesb.

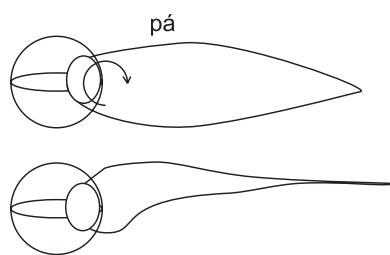
O funcionamento é, basicamente, o mesmo para todos os modelos de aerogeradores horizontais citados. O movimento das hélices é transmitido ao eixo e, em seguida, ao gerador, que realiza a conversão eletromecânica, produzindo energia elétrica.

Os equipamentos requerem uma velocidade mínima de vento para que entrem em funcionamento, que em geral situa-se em torno de 3,5 m/s. Entretanto, ventos muito fortes não são adequados, pois danificam o equipamento e geram excessiva variação na tensão da rede elétrica à qual o equipamento está conectado. Aerogeradores com potência de 1,5 MW funcionam a velocidade máxima de 25 m/s.

Dessa forma, os aerogeradores apresentam sistemas de controle que ajustam e limitam a potência máxima gerada em caso de ventos muito fortes, evitando que as hélices girem aceleradamente durante vendavais. Os sistemas mais conhecidos são *pitch* e *stall*. O primeiro faz a “regulação de potência por ângulo de passo”, isto é, controla a inclinação das pás. Um dispositivo compara várias vezes por segundo a velocidade do vento e, quando esta ultrapassa a potência nominal do gerador, é enviado um sinal ao mecanismo que altera o alinhamento das pás, que “giram” em torno de seu eixo de forma a reduzir o ângulo de ataque do vento, permitindo que apenas a potência nominal seja extraída.

Figura 6

Pitch: Controle de Regulação por Ângulo de Passo



Fonte: BNDES.

O controle *stall* é “um sistema passivo que reage à velocidade do vento. As pás são fixas em seu ângulo de passo e não podem ser giradas em torno de seu eixo. O seu ângulo (...) é escolhido de tal maneira que, para velocidades de ventos maiores que a nominal, o fluxo em torno do perfil do rotor descola da superfície da pá. Isso reduz as forças atuantes de sustentação e aumentam a de arrasto. Menores sustentações e maiores arrastos rotacionais atuam contra um aumento da potência do rotor” [*Energia eólica – princípios e tecnologias*, Cresesb (2008)]. A aerodinâmica das pás é projetada para que, no momento em que a velocidade do vento supere o limite de segurança, haja turbulência e, então, entre em operação um sistema de travagem do rotor. Os aerogeradores mais antigos contavam apenas com o controle *stall*, mas atualmente é possível ver equipamentos com os dois controles.

Há, ainda, um sistema de freio para a paralisação total do equipamento no intuito de permitir os serviços de manutenção e outro sistema de proteção contra sobrevelocidade, que desconecta o gerador da rede.

Por último, existe o controle *yaw*, que tem como função otimizar o aproveitamento da turbina. Esse controle gira o rotor de forma que as hélices fiquem sempre de frente para o vento, permitindo o rendimento máximo do equipamento.

Os aerogeradores podem ser divididos em três categorias de potência: pequeno, médio e grande portes. Os de pequeno porte têm capacidade de gerar até 10 kW e são ideais para abastecer residências e fazendas em localidades remotas, onde o custo de uma rede de transmissão é demasiadamente alto. Os equipamentos de médio porte têm capacidade entre 10 kW e 250 kW e são usados tanto por residências quanto por usinas eólicas mais antigas. A evolução da dimensão e capacidade destes equipamentos nas duas últimas décadas é notável. Há 25 anos, os rotores tinham áreas menores que reduziam o aproveitamento do equipamento e

a capacidade média dos aerogeradores variava entre 50 e 100 kW. Em 2007, a média de potência dos aerogeradores instalados foi de 1.492 kW. A título de curiosidade, a maior turbina do mundo em operação foi produzida pela alemã Enercon e possui potência de 6.000 kW e diâmetro de 126 metros.¹³

Por conta da variabilidade e, em alguns casos, imprevisibilidade do fluxo dos ventos, o total de capacidade instalada em um parque eólico pode ficar bem distante do total de energia de fato produzida por ele. Não é raro ter um fator de capacidade – medida do total de energia produzida como percentual do total da capacidade instalada – abaixo dos 30%. Na Alemanha, o fator de capacidade médio está estimado entre 20% e 30%; na Argentina, entre 40% e 50%; e, no Brasil, entre 30% e 40%, sendo o litoral nordestino uma área privilegiada, onde este fator pode chegar a 60%.

O custo dos equipamentos e dos projetos eólicos, um dos principais entraves ao aproveitamento comercial da energia eólica, reduziu-se significativamente nos últimos anos e vem contribuindo para o aumento da instalação de capacidade eólica no mundo. Um número maior de fabricantes de aerogeradores vem aumentando a concorrência do setor, e o uso de tecnologias mais modernas permite melhor aproveitamento do equipamento. Há cinco anos, as turbinas ficavam mais de 15% do tempo paradas, enquanto atualmente este percentual não passa de 3%. As torres eram instaladas a alturas de 30 metros, quando hoje chegam a 100 metros, aproveitando-se de ventos mais fortes e frequentes. Uma única turbina moderna produz cerca de 180 vezes mais eletricidade que um equipamento de vinte anos atrás. O custo de geração de energia eólica, que chegava a US\$ 0,38 por kWh na década de 1980, caiu para US\$ 0,04 em alguns parques construídos em 2001, segundo Portella (2007). É verdade, no entanto, que, mesmo com um maior número de fabricantes no mercado, desde 2003 o preço dos aerogeradores (US\$/MW) subiu ligeiramente, consequência do excesso de demanda sentido no período. Esse movimento de preços não deve se perpetuar no longo prazo.

Vale dizer que os aerogeradores para bases *offshore* são mais caros que os de mesma potência instalados em terra, por causa dos custos com sustentação das turbinas e da infraestrutura elétrica mais complexa requerida para levar a energia gerada até a subestação. Os custos de operação e manutenção são também mais elevados. O kWh gerado no mar tinha custo equivalente ao dobro do custo em terra. Em reportagem de 2.3.2009 publicada pela revista *Época*, apontou-se que o custo oceânico é atualmente 40% maior.

¹³ Entretanto, em 24.9.2008, a CNN reportou em seu site uma encomenda, feita pelo governo inglês à fabricante Clipper, de um modelo de aerogerador com capacidade de 10 MW.

Outra diferença entre os aerogeradores *onshore* e *offshore* é a potência. Os recentes aerogeradores instalados em alto-mar têm capacidade para gerar no mínimo 3 MW. Quanto mais afastado da costa, mais lisa é a superfície dos oceanos e essa baixa rugosidade resulta em maior velocidade dos ventos. Mas velocidade não é o único fator que torna possível a instalação de aerogeradores em uma região; a estabilidade dos ventos é muito importante. Neste caso, vale ressaltar que a turbulência nos oceanos é baixa em razão da pequena variação de temperatura em sua vasta área e da quase inexistência de obstáculos. Isto cria condições ideais para a instalação de usinas eólicas *offshore*.

Apesar da popularidade dos modelos de três pás, o setor vem inovando tanto em *design* quanto em tecnologia, na busca de equipamentos mais potentes. Recentemente, a Maglev, empresa que desenvolve pesquisas e produtos na área de magnetismo, apresentou um protótipo cujo objetivo é produzir 1.000 MW e entrar em operação mesmo com ventos de baixíssima velocidade (1,5 m/s). Com um *design* diferente dos tradicionais aerogeradores de três hélices, a nova turbina tem inúmeras pás verticais, que lhe dão o aspecto de um megaedifício. Utilizando levitação magnética, as pás ficam acima da base do equipamento e giram sem atrito, ocupando uma área de até 100 acres. A turbina teria o custo de manutenção 50% inferior ao dos aerogeradores convencionais e durabilidade 25 vezes maior. Estuda-se, no momento, a viabilidade comercial deste projeto.

A empresa canadense Magenn também apresentou um revolucionário projeto, já em fase de testes. Balões de hélio infláveis, a 300 metros da superfície, dotados de um sistema que os faz girar ao longo de seu eixo horizontal, captariam ventos mais fortes e estáveis. O equipamento ficaria suspenso por cabos de aço e operaria com ventos de 1 m/s a 28 m/s de velocidade. Com isso, a capacidade média de conversão dos ventos em eletricidade seria de 50%, quase o dobro dos convencionais aerogeradores de três pás. O produto, denominado sugestivamente de MARS (Magenn Air Rotor System), poderá custar cerca de € 8 mil e os primeiros modelos terão capacidade de apenas 10 kW a 25 kW, sendo usados para fins domésticos.

Outro conceito de aerogerador para uso doméstico, desenvolvido pela empresa Renewable Devices, em parceria com a Cascade Engineering, chama-se Swift Wind Energy. Com rotor de diâmetro de 7 metros, o equipamento foi projetado para ser instalado no telhado das residências. O modelo pode custar entre US\$ 10 mil e US\$ 12 mil e opera à velocidade mínima de ventos de 3,6 m/s, gerando ruído de até 35 decibéis, o que é silencioso para o padrão doméstico. O fabricante garante que o equipamento é capaz de gerar 2.000 KWh anualmente.

Ambicioso é o projeto de construção de “torres voadoras” [WWF (2008)], que teriam pás reguláveis suspensas a 2 mil metros do solo para captar ventos ainda mais fortes e constantes.

Para os modelos *offshore*, a empresa escocesa Grean Ocean Energy vem desenvolvendo um mecanismo de aproveitamento da energia cinética vinda das ondas, que seria acoplado à torre do aerogerador e poderia aumentar em até 50% o rendimento do equipamento.

Figura 7

Protótipos de Turbinas Eólicas

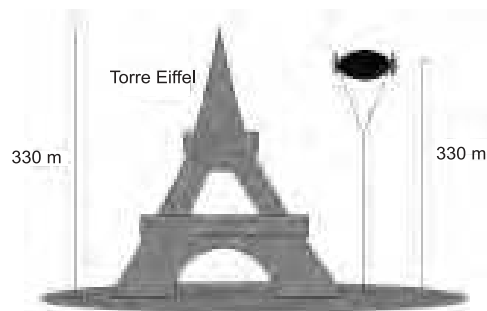
Protótipo Maglev



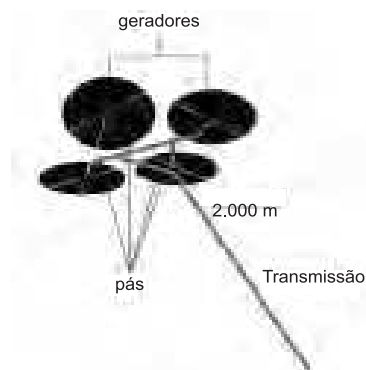
Swift



Protótipo da Magenn



Torres Voadoras



Fonte: BNDES.

Panorama Mundial

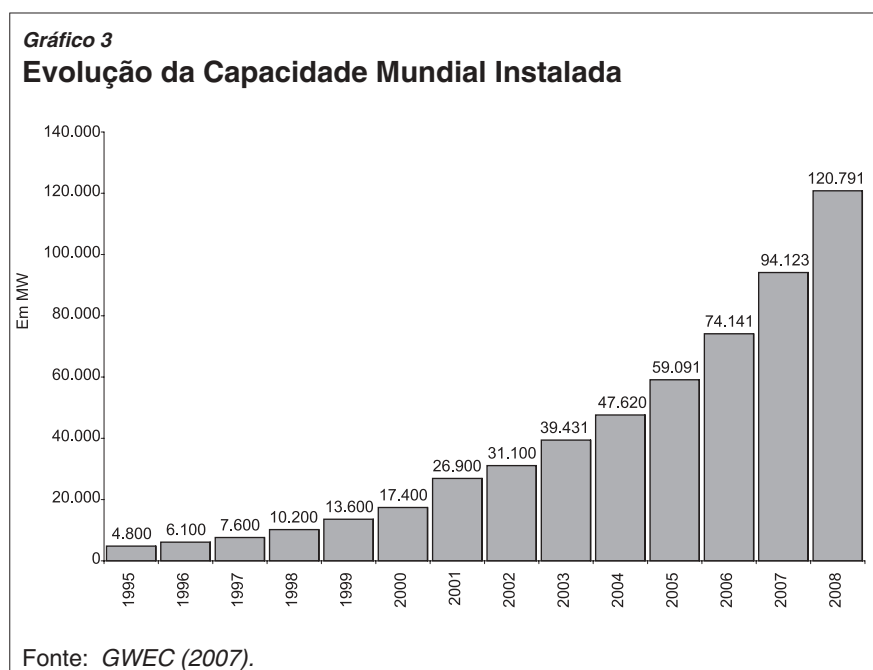
Estima-se que o potencial eólico bruto mundial permita gerar cerca de 278 mil TWh de eletricidade anualmente, mas, em razão de restrições técnicas e socioambientais,¹⁴ apenas 39 mil TWh¹⁵ seriam de fato aproveitáveis. Isso representa mais que

¹⁴ Isso inclui a dificuldade de extrair a energia em terras densamente povoadas ou em regiões de acesso difícil.

¹⁵ Estimativa do German Advisory Council on Global Change (2003).

o dobro do consumo mundial de eletricidade. No entanto, a atual capacidade eólica instalada está muito aquém desse valor, sendo capaz de gerar apenas 200 TWh anuais de energia elétrica, o que representa 1,3% do total da eletricidade consumida globalmente.

A capacidade eólica mundial atingiu 121 GW em 2008, superando a estimativa de 115 GW realizada pelo GWEC em 2007. Com essa nova capacidade, o planeta evita, anualmente, a emissão de cerca de 158 milhões de toneladas de CO₂ na atmosfera.



Segundo estimativa da World Wind Energy Association (WWEA), a capacidade eólica mundial instalada chegará a 170 GW em 2010 e 240 GW em 2012, o que corresponderia a 3% da produção total de eletricidade.

A Europa concentra mais da metade da capacidade eólica instalada mundialmente, seguida da América do Norte e da Ásia. As demais regiões têm participação reduzida, respondendo conjuntamente por menos de 2,5% da capacidade eólica global.

Programas energéticos na América do Norte e na Ásia vêm incentivando a instalação de imensos parques eólicos anualmente, de forma que a Europa, pela primeira vez em 2008, deixou de ser a região líder em incremento de capacidade.

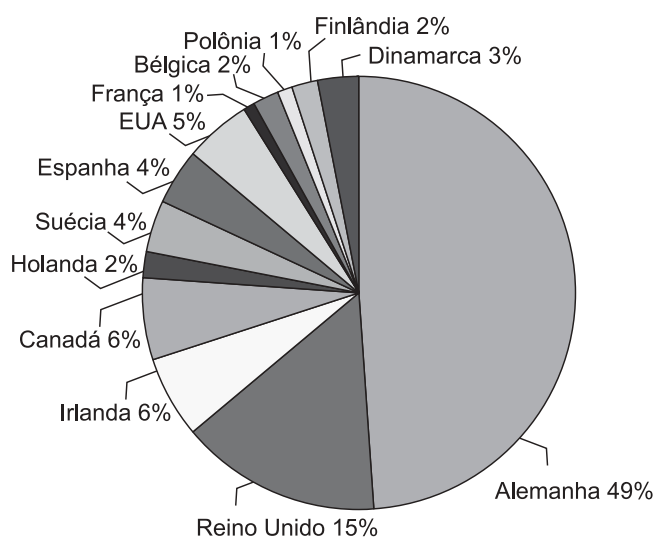
Há uma aposta grande no aumento da capacidade eólica *offshore*, que ainda é tímida, totalizando apenas 1 GW no mundo. A previsão para 2010 é que este valor seja 11 vezes maior e, segundo Portella (2007), 49% dessa capacidade estará concentrada na Alemanha.

Tabela 1

Capacidade Eólica Instalada e Incremento Registrados em 2008 por Região

REGIÃO	INCREMENTO EM 2008 (Em MW)	PARTICIPAÇÃO (Em %)	TOTAL INSTALADO (Em MW)	PARTICIPAÇÃO (Em %)
Europa	8.877	32,8	65.946	54,6
América do Norte	8.881	32,8	27.539	22,8
Ásia	8.589	31,7	24.368	20,2
Região do Pacífico	486	1,8	1.644	1,4
África e Oriente Médio	130	0,5	669	0,6
América Latina e Caribe	94	0,3	625	0,5
Total	27.057	100,0	120.791	100,0

Gráfico 4

Previsão para a Capacidade Instalada *Offshore* em 2010

Fonte: Portella (2007) e U.S. Energy Department (2006).

Este crescimento esperado em capacidade eólica mundial tem estimulado a entrada de mais empresas na cadeia de aerogeradores, que ainda possui uma estrutura oligopolista, com quatro empresas dominando mais de 70% do mercado mundial. O oligopólio advém de barreiras à entrada representadas pela necessidade de domínio de tecnologia de ponta e escala para produzir os aerogeradores.

Um movimento observado nos últimos anos tem sido o da fusão e aquisição de empresas de aerogeradores, principalmente por fabricantes sem tradição no mercado. Muitas empresas, quando perceberam a rentabilidade que poderiam extrair desse setor, optaram por comprar outros fabricantes com experiência no ramo para ter rápido acesso a essa tecnologia. Este foi o caso da GE, que adquiriu os negócios da Enron Wind, com plantas na Alemanha e nos EUA, da indiana Suzlon, que adquiriu a belga Hansen

Transmission, a unidade de pesquisa e desenvolvimento da alemã Südwind e, recentemente, 30% da gigante alemã Repower. A alemã Siemens também adquiriu a dinamarquesa Bonus Energy antes de ingressar no mercado de aerogeradores, enquanto as francesas Areva e Alstom adquiriram, respectivamente, a alemã Multibrid e a espanhola Ecotecnia, iniciando suas atividades no setor.

Tabela 2

**Os Dez Maiores Fabricantes de Aerogeradores do Mundo
– Market Share**

(Em %)

RANKING 2007	FABRICANTE	PAÍS DE ORIGEM	2005	2006	2007
1	Vestas	Dinamarca	27,6	28,2	22,8
2	GE Wind	EUA	17,5	15,5	16,6
3	Gamesa	Espanha	12,6	15,6	15,4
4	Enercon	Alemanha	14,2	15,4	14
5	Suzlon	Índia	6,1	7,7	10,5
6	Siemens	Dinamarca	5,4	7,3	7,1
7	Acciona	Espanha	1,9	2,8	4,4
8	Goldwind	China	1,1	2,9	4,2
9	Nordex	Alemanha	2,6	3,4	3,4
10	Sinovel	China	0	0,5	10,5

Fonte: *BTM World Consult*.

O intenso incremento de capacidade nos últimos anos provocou excesso de demanda no mercado de turbinas para a geração de energia eólica em 2007. O setor, que movimentou US\$ 37 bilhões em novos equipamentos¹⁶ e empregou 350 mil pessoas,¹⁷ sofreu com a falta do produto e filas para entrega naquele ano. Em 2008, o mercado de aerogeradores se manteve aquecido, movimentando US\$ 47,5 bilhões e empregando 400 mil pessoas, embora o último trimestre tenha apresentado um arrefecimento da demanda, efeito da crise financeira mundial.

¹⁶ Dados de 2007.

¹⁷ Inclui empregos diretos e indiretos na manufatura de aerogeradores, cadeia de suprimentos e instalação.

Tabela 3

Ranking dos Países com Maiores Capacidades Eólicas (2008)

CATEGORIA 1: CAPACIDADE EÓLICA INSTALADA (2008)			CATEGORIA 2: CAPACIDADE EÓLICA INCREMENTAL (2008)		
Ranking	País	MW	Ranking	País	MW
1	EUA	25.170	1	EUA	8.358
2	Alemanha	23.903	2	China	6.300
3	Espanha	16.754	3	Índia	1.800
4	China	12.210	4	Alemanha	1.665
5	Índia	9.645	5	Espanha	1.609
6	Itália	3.736	6	Itália	1.010
7	França	3.404	7	França	950
8	Reino Unido	3.241	8	Reino Unido	836
9	Dinamarca	3.180	9	Portugal	712
10	Portugal	2.862	10	Canadá	523
	Resto do Mundo	16.686		Resto do Mundo	3.293
Total		129.791	Total		27.056

Fonte: GWEC.

Os Principais Mercados

• Europa

Em 2007, a energia eólica representou 40% de todo o incremento de capacidade de geração de energia na Europa. O mercado europeu é regulado por uma instrução da Comunidade Econômica Europeia, que determina metas para assegurar o mínimo de 12% de participação de fontes renováveis em 2010.¹⁸

Os estados membros devem aprovar e publicar de cinco em cinco anos um relatório com as metas nacionais relativas à porcentagem do consumo de eletricidade produzida com base em fontes renováveis sobre o consumo total de eletricidade do país.

A implementação dessas metas tem assegurado forte demanda por aerogeradores e estimulado mais empresas a entrar no setor. Das dez maiores empresas atuantes no ramo mundial, seis são europeias.

¹⁸ Atualmente, a Comunidade Econômica Europeia debate a possibilidade de este percentual passar para 20% em 2020.

Dinamarca, Espanha, Portugal e Alemanha são os países que merecem maior destaque na busca pelo aumento da participação da fonte eólica em suas matrizes energéticas, como pode ser visto na Tabela 4. Itália, França e Inglaterra, embora com participações menores, estão bem posicionadas em comparação com o resto do mundo.

Tabela 4

Participação da Fonte Eólica na Matriz Elétrica dos Países

(Em %)

PAÍSES COM MAIORES TAXAS DE PARTICIPAÇÃO EÓLICA SOBRE CONSUMO DE ELETRICIDADE — 2007	
Dinamarca	21,40
Espanha	8,80
Portugal	7,00
Alemanha	7,00
Índia	1,70
Inglaterra	1,50
Itália	1,30
Estados Unidos	0,80
França	0,70

Fonte: *Revista Veja*, número 2.080, 1.10.2008.

Além da presença de metas, a construção de um marco regulatório energético transparente para os investidores no longo prazo, bem como a presença de uma rede de incentivos, é o que permite à Europa ter a maior capacidade de geração de energia eólica do mundo.

Na Alemanha, por exemplo, a criação de um sistema de tarifa fixa pelo governo, que define o preço do kWh a ser pago nos próximos vinte anos pela empresa de distribuição aos produtores de energia renovável, reduziu significativamente o risco dos empreendimentos eólicos, atraindo mais investidores [Ackermann e Söder (2002)]. Em outros países, como Suécia e Itália, o incentivo do governo à fonte eólica é dado pelo sistema de cotas para energia renovável, no qual o governo decide a quantidade de energia renovável a ser comprada, ficando a cargo do mercado definir o preço. Além disso, os governos podem criar incentivos tributários, como é o caso da Holanda e de alguns estados da Índia.

A Dinamarca foi um dos primeiros países a investir pesadamente na geração de eletricidade a partir dos ventos, mas é a Alemanha a líder europeia em capacidade eólica.

Tabela 5

Capacidade Eólica Instalada na Europa por País

PAÍSES	2007	2008
Alemanha	22.247	23.903
Espanha	15.145	16.754
Itália	2.726	3.736
França	2.454	3.404
Reino Unido	2.406	3.241
Dinamarca	3.125	3.180
Portugal	2.150	2.862
Países Baixos	1.747	2.225
Suécia	788	1.021
Irlanda	795	1.002
Áustria	982	995
Grécia	871	985
Polónia	276	472
Noruega	326	428
Turquia	147	433
Outros*	955	1.305
Total	57.140	65.946

Fonte: GWEC.

* Bélgica, Bulgária, Croácia, República Tcheca, Estónia, Finlândia, Hungria, Letónia, Lituânia, Luxemburgo, Romênia, Rússia, Eslováquia, Suíça e Ucrânia.

a) O Pioneirismo Dinamarquês

A Dinamarca consta como pioneira no desenvolvimento de parques eólicos. Desde 1890, o país já utilizava aerogeradores com a finalidade de geração de energia elétrica. Mas foi após o primeiro “Choque do Petróleo” em 1973 que o governo dinamarquês lançou um programa energético que visava ao estímulo de fontes alternativas e renováveis. Foi neste contexto que, em 1976, a primeira turbina eólica comercial ligada à rede elétrica pública foi instalada no mundo.

Os primeiros planos dinamarqueses com metas de energia foram criados em 1981, propondo que, em 2000, 10% do consumo de eletricidade fosse proveniente de fonte eólica. Esse objetivo foi alcançado em 1997.

No início da década de 1990, a Dinamarca foi também pioneira na construção de usinas eólicas em alto-mar, aproveitando a enorme potência de seus ventos marítimos. Hoje, as turbinas *offshore* ilustram inúmeros cartões-postais do país.

Algumas das maiores empresas dinamarquesas de energia eólica, apesar de terem nascido com uma vocação diferente, mudaram de ramo de negócios motivadas pelos incentivos do governo. A Vestas produzia máquinas agrícolas e, hoje, é a maior fabricante mundial de turbinas eólicas, com presença em sessenta países e participação de 23% no mercado global. A LM, grande empresa fabricante de pás, originalmente atuava como fabricante de móveis.

No total, o país conta com 180 empresas no ramo, empregando mais de 20 mil pessoas internamente e movimentando US\$ 4,4 bilhões anuais.

A capacidade eólica instalada no país é, atualmente, de 3.000 MW, cerca de metade do que vão produzir as usinas hidrelétricas previstas para o rio Madeira no Brasil. Não é a maior capacidade do mundo em termos absolutos, mas o é em termos relativos, pois representa cerca de 20% da eletricidade utilizada no país.

b) O Fim da Liderança Alemã

Com mais de 22 GW instalados, a Alemanha possuía, até 2007, a maior base mundial instalada de aerogeradores. São mais de 19 mil turbinas eólicas em operação, permitindo a produção de 7% do total da energia utilizada no país. Para 2030, a meta é que esse percentual chegue a 30%.

A aprovação da lei de 1991 – que garante aos produtores alemães de eletricidade com base em energias renováveis até 90% do preço de venda do kWh – foi, sem dúvida, fundamental para incentivar o crescimento da participação das fontes renováveis na matriz energética do país. No entanto, por não levar em conta o custo das externalidades ambientais, a energia eólica era ainda mais cara que outras energias. Quando, em 2000, foi aprovada a lei criando diferentes tarifas para diferentes fontes de energia por um determinado número de anos, a energia eólica tornou-se atraente.

A indústria eólica alemã faturou, em 2007, cerca de € 6,5 bilhões e quase 70% deste valor foi obtido via exportação de equipamentos. As três principais fabricantes germânicas – Enercon, Siemens e Repower – dominam aproximadamente 20% do mercado mundial de aerogeradores. A indústria eólica alemã já consome mais aço e emprega mais pessoas que a sua tradicional indústria automobilística.

A Siemens é a sexta maior empresa de aerogeradores, mas é líder no ramo de turbinas eólicas do tipo *offshore*.

A liderança alemã em capacidade instalada foi extinta em 2008, com a ascensão dos Estados Unidos. Mas, mesmo na Europa, os alemães têm um concorrente à altura, que vem adicionando anualmente mais capacidade que muitos países do continente: a Espanha.

c) A Ascensão Espanhola

A ascensão da Espanha entre os maiores fabricantes de energia eólica foi possível graças aos incentivos governamentais às fontes renováveis e à fabricação local de equipamentos.

Até 2007, o produtor de energia podia escolher entre um sistema de tarifa fixa ou uma tarifa de mercado. A escolha era re-feita ao fim do período de um ano, o que dava ao produtor a opção de mudar o sistema de tarifa. Em 2007, o marco regulatório espanhol sofreu algumas mudanças que, embora tenham desagradado a uma parte dos investidores do setor eólico, não alteraram significativamente o sistema anterior.

A legislação atual atrela os investimentos em energia eólica à instalação da fábrica de componentes e equipamento em solo espanhol. Eles só concedem licenças de instalação de parques eólicos se os equipamentos forem adquiridos de fornecedores locais.

A Espanha tem inúmeras pequenas empresas montadoras de aerogeradores e conta com duas das dez maiores fabricantes do mundo: Gamesa e Acciona.

Para 2008, é esperado que a geração de energia eólica no país fique à frente da geração nuclear e térmica a carvão. Até 2010, o governo espanhol espera que 30% da energia primária seja proveniente de fontes alternativas.

d) Outros Países da União Europeia

Uma “segunda onda” de países, marcada especialmente por Portugal, França e Itália, apareceram recentemente no mercado, viabilizando projetos em volume sem precedentes. Mas suas capacidades ainda são pequenas, representando no máximo 15% da capacidade instalada de energia eólica da Alemanha.

Desde 2007, o maior parque eólico da Europa está localizado no norte de Portugal. O parque do Alto Minho I possui 120 aerogeradores com potência total de 240 MW. A construção da usina, iniciada em janeiro de 2007, envolveu um investimento de € 360 milhões.

- **Ásia**

China e Índia figuram como os principais mercados asiáticos de energia eólica, embora Japão e Coreia do Sul tenham realizado investimentos recentes no setor. Segundo estimativas publicadas no relatório anual da GWEC, a Ásia em 2012 tomará o posto da Europa de maior mercado consumidor de energia eólica, em grande parte, em razão da pujança da demanda chinesa por eletricidade.

Tabela 6

Capacidade Eólica Instalada na Ásia por País

PAÍSES	2007	2008
China	5.910	12.210
Índia	7.845	9.645
Japão	1.528	1.880
Taiwan	281	358
Coreia do Sul	193	236
Filipinas	25	33
Outros*	5	6
Total	15.787	24.368

Fonte: GWEC.

* Tailândia, Bangladesh, Indonésia e Sri Lanka.

a) China

A China encerrou 2008 com 12,2 GW de capacidade eólica instalada, apresentando expansão superior a 100%, comparada ao ano anterior. Esta é uma resposta à grande pressão ambiental exercida pelos principais órgãos de proteção de meio ambiente do planeta. A matriz energética chinesa ainda depende largamente do carvão,¹⁹ o que contribui para tornar o país o maior emissor de gás carbônico do mundo.²⁰

Nos últimos anos, a China investiu fortemente em energias renováveis, principalmente de fonte hidráulica, tornando-se o maior produtor de energia renovável do mundo, terceiro maior produtor de bioetanol e maior fabricante e maior mercado de coletores solares do planeta. Isto se faz necessário numa economia que veio crescendo acima de 10% anualmente na última década e que demanda cada vez mais energia elétrica para manter seu crescimento.

¹⁹ O carvão supre 70% das necessidades energéticas da China.

²⁰ No entanto, as emissões per capita americanas continuam quatro vezes maiores do que as chinesas.

Até 2010, a produção de energia eólica chinesa deve chegar a 20 GW, segundo estimativas do Instituto de Pesquisas em Energia na China (ERI). A princípio, esta era uma meta para 2020, mas foi revista por ordens da Comissão Nacional de Desenvolvimento e Reforma, corpo superior de planejamento industrial da China. Para 2020, a meta para este tipo de energia é de 30 GW.²¹ Em 2005, as energias renováveis representavam apenas 7,5% da energia consumida no país. A meta para 2010 é que esse percentual suba para 10% e, em 2020, para 15%.

Na China, a geração eólica tem sido estimulada por incentivos governamentais de todas as ordens. Uma reforma no sistema de subsídio para incentivar projetos eólicos deve ocorrer em breve. Apesar do aumento do preço do carvão nos últimos anos, o custo da energia eólica por kWh é ainda o dobro do custo das centrais de carvão. A China tem mais de cem usinas eólicas em operação e, segundo artigo publicado pela embaixada da China no Brasil, a maioria vem apresentando prejuízo. O preço da energia eólica flutuou entre 0,38 e 0,58 iuanes por kWh, e os projetos supunham um preço de 0,6 iuanes para que não houvesse perdas.

Como forma de incentivar a indústria de equipamentos locais, o governo cancelou sua política de isenção de tarifas de importação de aerogeradores com capacidade menor que 2,5 MW e impôs aos investidores dos projetos eólicos um índice de nacionalização dos equipamentos de 70%. Com isso, em 2007 cerca de 56% das unidades de geração de energia eólica instaladas no país foram fornecidas por fabricantes chineses. No entanto, parte dos componentes de alta tecnologia (como o gerador) continua sendo importada.

Existem mais de 40 empresas locais envolvidas na fabricação de aerogeradores na China, porém, segundo dados de 2007 da GWEC, as duas maiores fabricantes chinesas – Goldwind e Sinoel – responderam pelo fornecimento de 42% do incremento da capacidade instalada doméstica naquele ano.

A Goldwind é a maior fabricante chinesa e produz cerca de 500 aerogeradores por ano, sendo 80 com tecnologia da alemã Vensys.²² Outras grandes fabricantes chinesas são Sinoel, Windey e Dongfeng Electrical.

²¹ Mas, segundo relatório da GWEC, um envolvimento ainda maior do governo chinês poderia elevar essa capacidade para mais de 100 GW, isto é, mais do que a capacidade eólica instalada atualmente em todo o planeta.

²² Fundada em 1990, a Vensys é uma empresa especializada em engenharia e design de turbinas para aerogeradores. A empresa desenvolve produtos e vende as licenças de uso da tecnologia para os fabricantes de aerogeradores. Além da Goldwind, a Vensys licenciou outras empresas no mundo para fabricar aerogeradores com a sua tecnologia. Entre elas estão a indiana Regen Powertech e a argentina IMPSA, cujo projeto de instalação de uma fábrica de aerogeradores em Pernambuco – a WPE – é financiado pelo BNDES.

b) Índia

Segundo avaliação do governo, a Índia apresenta um potencial eólico de geração de energia elétrica de aproximadamente 45 GW. A meta do governo é obter uma capacidade de produção de energia eólica adicional de 10 GW até 2012.

Na Índia, as grandes hidrelétricas respondem por 25% da matriz elétrica, as demais energias renováveis (incluindo a eólica), por 8%, e as térmicas, por 64%.

O mercado indiano tem seu crescimento sustentado por incentivos governamentais abrangentes, tanto para a implantação de fábricas como para a geração. No início da década de 1980, o governo lançou um programa de produção de energia eólica, mas a expansão do setor só começou recentemente. De acordo com a *Gazeta Mercantil*, edição de 28.1.2008:

O governo adotou uma política fiscal favorável, que previa uma depreciação acelerada de 80% para projetos eólicos no primeiro ano de instalação, uma isenção do imposto de renda por dez anos, além de outras isenções de impostos alfandegários, de consumo e do imposto sobre as vendas. A Agência para o Desenvolvimento da Energia Renovável da Índia, patrocinada pelo governo, oferece também empréstimos a condições suaves para este tipo de projetos. A Lei sobre Eletricidade de 2003 imprimiu um novo ímpeto, obrigando os estados a fixar uma porcentagem mínima de energia renovável que as empresas de serviços públicos devem comprar e a estabelecer tarifas preferenciais para a compra. Estes fatores em seu conjunto tornaram a Índia o quarto maior mercado de energia eólica do mundo, e sua capacidade de geração subiu de apenas 41 megawatts, em 1992, para 7.660 MW em setembro de 2007 – a maior parte dos quais vem de projetos privados do setor industrial.

A Suzlon é a maior empresa indiana no mercado e é a quinta maior do mundo. Criada em 1995, com apenas vinte pessoas, a empresa entrou quase que acidentalmente no ramo de aerogeradores. O fundador da empresa, Tulsii Tanti, até então administrava a fábrica de tecidos da família e tinha problemas constantes com interrupções no fornecimento de energia, por causa das más condições da rede de distribuição local. Para contornar este problema, em 1994 o empresário encomendou duas turbinas eólicas da marca dinamarquesa Vestas. Observando que, além de ser um sucesso, a ideia já estava sendo copiada por outros empresários, Tulsii resolveu, junto com seus três irmãos, fundar a Suzlon Energy, fabricante de aerogeradores. No início, o grande diferencial da empresa era a oferta de um pacote completo, isto é, o produto, a instalação e a manutenção. Outra grande ideia era dar a opção ao comprador de não instalar a turbina no seu próprio terreno, mas num parque eólico e tornar-se proprietário de uma cota da energia produzida

por aquele parque, proporcional à capacidade de geração da sua turbina.

A Suzlon, nesta época, não possuía tecnologia própria. Os irmãos Tanti demonstraram interesse em comprá-la no exterior, mas não houve empresa interessada em vendê-la. Dessa forma, a Suzlon firmou acordo de *joint venture* com a alemã Südwind – criada por alunos da Universidade Técnica de Berlim – e passou a ser distribuidora de turbinas desta marca. Quando a Südwind faliu, na década de 1990, a Suzlon adquiriu a divisão de pesquisa e desenvolvimento da parceira e montou seu centro de pesquisa na Alemanha. A empresa ainda adquiriu a belga Hansen Transmission – segunda maior fabricante de caixas de engrenagens eólicas do mundo e uma grande fábrica holandesa de pás. Em 1999, o governo do estado sede da Suzlon aprovou uma lei permitindo a dedução do imposto de renda dos custos de instalação de turbinas eólicas.

A empresa voltou às manchetes em maio de 2007, quando pagou € 450 milhões pela aquisição de 33,6% da gigante alemã Repower.²³ Isto faz parte da estratégia da empresa de aumentar sua inserção no mercado europeu. Atualmente, os EUA são o maior mercado da Suzlon.

Além da Suzlon, há no mercado outra grande empresa indiana, a Reliance Power, controlada pelo grupo Anil Ambani, que concluiu a maior oferta pública inicial da Índia. Neste país, a concorrência tem se acirrado desde a chegada das fábricas das maiores empresas de turbinas eólicas do mundo, como a Enercon da Alemanha, a Vestas da Dinamarca e a GE Wind Energy, dos Estados Unidos. As empresas locais também fizeram alianças com algumas estrangeiras, como é o caso da Vestas, RRB India, Elecon Engineering e Sterling Infotech Group.

Desta forma, desde 2005 mais de 80% dos componentes das turbinas instaladas na Índia são nacionais.

• Américas

a) O Novo Líder Mundial em Duas Categorias

Em 2007, os EUA foram os líderes mundiais em adição de capacidade eólica. Foram mais de 5,2 GW, que movimentaram investimentos de US\$ 9 bilhões, e estimavam-se para 2008 outros 5 GW instalados, elevando a atual capacidade para 21,8 GW, o que representaria mais de 1% do fornecimento de eletricidade do país.

²³ A Suzlon comprou participações com direito a voto da Repower, mas isto não concede à empresa acesso aos projetos da Repower, pois, segundo uma lei alemã, a empresa indiana precisaria fazer uma oferta de compra das ações dos minoritários.

A realidade superou as expectativas. Dados recentes apontam que o país mais uma vez foi líder em adição de capacidade eólica (8,3 GW), atingindo em 2008 capacidade instalada de 25 GW, contra 23 GW na Alemanha, o que torna os EUA o novo líder mundial também na categoria “capacidade eólica total instalada”. Com isso, a indústria eólica norte-americana já emprega cerca de 85 mil pessoas. Os equipamentos apresentaram capacidade média de 1,67 MW e o fator de capacidade dos projetos em operação no país supera 30%.

Em 2007, a energia eólica representou 30% de todo o incremento de capacidade de geração elétrica no país. Os acréscimos foram feitos em bases *onshore*, embora os EUA contem com uma incrível disponibilidade eólica *offshore*. Segundo o Departamento de Energia Norte-Americano, esta disponibilidade seria capaz de suprir toda a demanda de eletricidade do país.

Desde 1930, os Estados Unidos fabricam aerogeradores, que, com dimensões reduzidas, eram usados para carregar baterias em zonas rurais não servidas pela rede elétrica. Até 1960, dezenas de milhares de aerogeradores foram vendidos, mas a chegada das redes de eletrificação às zonas rurais causou a desativação gradual dessas máquinas.

As preocupações com a segurança energética, a pressão ambiental, a volatilidade de preço dos combustíveis e a redução do custo de novas tecnologias eólicas permitiram a revitalização do setor eólico nos EUA. Uma política agressiva de incentivos governamentais merece especial mérito nessa conquista. Para cumprir a meta de prover 20% da demanda elétrica até 2030 com energia provinda dos ventos, o governo vem concedendo créditos tributários para estimular a abertura de novas fábricas de aerogeradores e componentes para parques eólicos.²⁴

A GE Wind, divisão da General Electric, é a maior empresa americana no setor. Diferentemente de empresas como a Wobben, a GE Wind não fabrica todos os componentes das turbinas eólicas que levam a sua marca. Sua estratégia é focar na fabricação dos geradores e importar as pás e os componentes de fabricantes especializados.

Segundo o Earth Policy Institute (EPI), apenas os estados de Kansas, Texas e Dakota do Norte possuem potencial eólico suficiente para atender toda a demanda de eletricidade dos EUA. Até 2007, Califórnia e Texas responderam conjuntamente por 22% de

²⁴ Somente no ano de 2006, quatro fábricas de diversos fabricantes mundiais foram abertas em três estados norte-americanos.

toda a energia eólica produzida no país, contando com forte atuação dos seus respectivos governos estaduais. A Califórnia foi o primeiro estado do país a criar legislação específica para promoção do uso de fontes renováveis. Em 1999, o governo texano seguiu o exemplo e fixou uma meta de geração 2.880 MW em energias renováveis até 2009, que já foi alcançada; trabalha-se, portanto, com uma nova meta de 5.880 MW até 2015.

Tabela 7

Estados com as Maiores Capacidades Eólicas Instaladas nos EUA

ESTADO	CAPACIDADE INSTALADA EM 2007 (MW)	CAPACIDADE INSTALADA EM 2008 (MW)
Texas	5.605	7.116
Iowa	1,375	2.790
Califórnia	2.483	2.517
Minnesota	1,366	1.752
Washington	1,289	1.375
Total	8.092	15.550

Fonte: GWEC.

Colorado e Oregon, bem como todos os estados listados na Tabela 7, integram o grupo “over 1 club”, dos estados com capacidade eólica instalada superior a 1 GW.

Embora cada vez mais estados invistam na geração eólica, a previsão é que o Texas²⁵ continue como líder em capacidade instalada. Com investimentos de US\$ 11 bilhões, um ex-magnata do ramo do petróleo resolveu montar uma fazenda eólica com capacidade de geração de 4 GW. A encomenda do primeiro lote de 500 turbinas já foi feita, mas o projeto deve ficar pronto somente em 2011 e ocupará uma área de 800 quilômetros quadrados.

O governo texano anunciou a intenção de investir ainda US\$ 4,9 bilhões na expansão das linhas de transmissão, com o intuito de incentivar e captar a produção de energia eólica nas áreas rurais e distribuí-la nos grandes centros urbanos.

b) América Latina

A América Latina possui um enorme potencial eólico não explorado. A GWEC estima um acréscimo de 2.700 MW de capacidade até 2010 na região. Vale dizer que apenas a execução integral do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica

²⁵ Neste estado, está localizado o maior parque eólico do planeta, capaz de produzir 735,5 MW, graças à instalação de 421 turbinas.

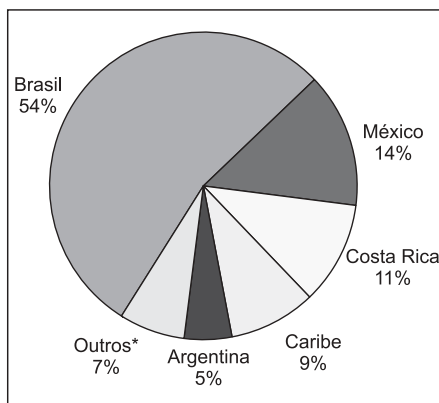
(Proinfa) no Brasil asseguraria mais de 50% desta meta. Para 2012, estima-se que o continente conte com 4,5 GW de capacidade eólica instalada, sendo Brasil e México os principais países colaboradores para o atendimento de tal patamar.

Tabela 8

Capacidade Eólica Instalada na América Latina por País

(Em MW)

AMÉRICA LATINA E CARIBE		
Países	2007	2008
Brasil	247	341
México	85	85
Costa Rica	70	70
Caribe	55	55
Argentina	29	29
Outros*	45	45
Total	531	625



Fonte: GWEC.

* Colômbia, Chile e Cuba.

A Argentina também merece destaque graças ao seu potencial. O país possui um dos maiores e melhores potenciais eólicos do mundo, estimado em 300.000 MW, dos quais apenas 29 MW encontram-se efetivamente instalados. De forma geral, as usinas eólicas argentinas são do tipo *onshore* e estão concentradas na província de Chubut, desenvolvidas para autoconsumo de cooperativas locais.

A Patagônia possui excelente potencial eólico, mas há elevados custos de transmissão associados à instalação de parques nesta região, pois o centro consumidor está muito distante dali. Além disso, os ventos da região são considerados instáveis, o que requer maior tecnologia do equipamento para enfrentar tal intempérie climática.

A falta de financiamentos de longo prazo na Argentina é um empecilho ao aumento de capacidade eólica no país. Essa escassez de recursos foi uma das razões que levaram o grupo argentino IMPSA a construir uma fábrica de aerogeradores no Brasil, contando com linhas de financiamento de longo prazo oferecidas pelo BNDES. A Caixa Econômica Federal, o Banco do Nordeste (BNB), o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e a Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (Sudene), bem como o BNDES, oferecem ainda linhas de financiamento para apoio aos parques eólicos.

Outros países do continente também têm intenção de aumentar sua capacidade eólica. O Equador inaugurou em 2008 seu primeiro parque eólico em San Cristóbal, na ilha de Galápagos. O Chile aprovou a Lei de Incentivos Fiscais para o Fomento das Energias Renováveis. O governo mexicano também vem atuando ativamente para aumentar a participação da fonte eólica na matriz elétrica do país, que contribui com apenas 1% da eletricidade gerada atualmente. No México, o petróleo é o combustível com o qual o país produz eletricidade e sua produção vem caindo em razão do desgaste da gigante jazida Cantarell. Alguns projetos eólicos em andamento já preveem o atendimento de estabelecimentos privados. Este é o caso de projetos dirigidos pela empresa Vientos del Istmo, que fornecerá energia por fonte eólica às lojas da varejista Soriana, e da empresa francesa Energies Nouvelles, que abastecerá a cadeia Wal-Mart do México.

O Brasil e o Panorama Mundial

O país possui um potencial eólico comercial (*onshore*) estimado em 143.000 MW [Cresesb e Cepel (2001)], dos quais 402,78 MW [Aneel (2009)], isto é, apenas 0,3%, estão efetivamente instalados. Para efeito de comparação, todo o parque gerador brasileiro tem capacidade de 102.964 MW [Aneel (2009)].

Os dados para elaboração do potencial eólico brasileiro foram coletados em 2001 e devem sofrer uma revisão em breve. As medidas foram feitas com ventos a 50 metros. Atualmente, as torres podem ser instaladas a alturas muito superiores. Medições preliminares apontam que, a 100 metros, o potencial brasileiro superaria 220 GW.

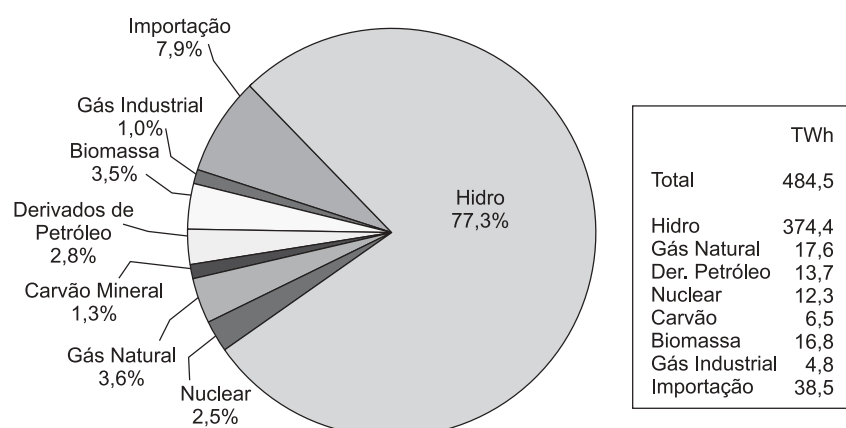
Uma crítica pertinente envolve a ausência de um sistema integrado de informações das medições de potencial eólico realizadas em diversas localidades do Brasil. Um mesmo local pode passar por repetidas medições por falta de registros anteriores. Isso representa um atraso para o aumento de capacidade eólica no país, uma vez que cada avaliação anemométrica leva até dois anos para ser concluída.

As “jazidas de vento” do Brasil estão entre as melhores do mundo, pois, além de contar com alta velocidade, os ventos são considerados bem comportados, diferentes de certas regiões da Ásia e dos Estados Unidos, sujeitas a ciclones, tufões e outras turbulências.

Mas a energia eólica ainda é pouco representativa na matriz energética nacional. Se considerarmos apenas as fontes usadas para gerar eletricidade, os ventos representam menos de 0,4% do total.

Gráfico 5

Matriz de Oferta de Energia Elétrica no Brasil em 2007



Fonte: Ministério de Minas e Energia.

O Nordeste brasileiro é considerado uma das regiões mais bens servidas de ventos do país e responde por 54% do potencial eólico brasileiro.²⁶ Nesta região, os ventos são controlados pelos alísios²⁷ de leste e brisas terrestres e marinhas, o que permite que toda a zona litorânea²⁸ apresente ventos de comportamento uniforme, com velocidade entre 6m/s e 9 m/s. As costas cearense e potiguar são as que apresentam ventos mais velozes. Juntos, os dois estados concentram 50 GW dos 75 GW estimados como potencial eólico da região nordestina. A presença de bloqueios montanhosos na parte continental de certos estados contribui para acentuar a velocidade dos ventos no Nordeste.

Condições Naturais

Há um aspecto estratégico relevante em favor da energia eólica no Nordeste: os períodos de seca, quando os reservatórios das barragens estão em seu nível mais baixo, coincidem com o período de maior incidência e intensidade de ventos. Com isso, há uma complementaridade quase perfeita entre as fontes eólica e hidrelétrica, garantindo o suprimento de energia contínuo e confiável na região durante o ano inteiro.

O Sudeste é a segunda região com maior potencial eólico *onshore* no Brasil, mas não representa nem metade da potência instalável do Nordeste. A faixa litorânea que se estende do sul do Espírito Santo até o nordeste do Rio de Janeiro é a mais privilegiada e apresenta ventos com velocidades médias próximas a 7,5 m/s.

²⁶ Desconsiderando o potencial marítimo.

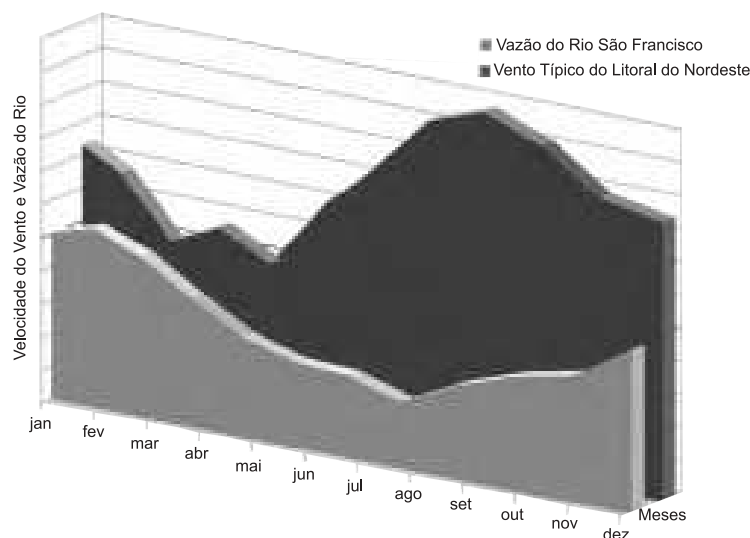
²⁷ Os alísios são ventos persistentes que sopram, sobretudo, na parte inferior da atmosfera, sobre extensas regiões.

²⁸ Considera-se a extensão de 100 quilômetros de largura do continente.

Este é o efeito da presença de montanhas a oeste da costa, que bloqueiam o escoamento leste-nordeste. Fora da faixa litorânea, a região tem um potencial eólico concentrado no estado de Minas Gerais, mais precisamente na Serra do Espinhaço.

Figura 8

Complementaridade das Fontes Hídrica e Eólica



Fonte: Centro Brasileiro de Energia Eólica (CBEE/UFPE), 2000. Disponível em: <www.eolica.com.br>.

Vale dizer que a mesma complementaridade entre as fontes hídrica e eólica apresentada no Nordeste se repete no sistema energético do Sul-Sudeste.

O Sul é a terceira região em termos de potencial eólico instalável. A movimentação atmosférica local é controlada pela depressão ao nordeste da Argentina e o anticiclone²⁹ subtropical Atlântico. Isso cria um escoamento persistente de ventos numa vasta área com velocidades médias anuais entre 5,5 m/s e 6,5 m/s. Nos planaltos de baixa rugosidade (como os Campos de Palmas, no Paraná) e zonas de maiores elevações montanhosas, a velocidade média chega a 8 m/s. O litoral sul é outra zona que merece destaque pela intensidade dos ventos, que sopram predominantemente na direção leste-oeste e são acentuados pela ação das brisas marinhas durante o dia.

A região Norte é uma das que têm menor potencial eólico do país. O escoamento atmosférico é dificultado pelo atrito da superfície, que tem alta rugosidade, associado à longa trajetória sobre

²⁹ Um anticiclone é uma região da atmosfera em que a pressão é alta em relação às das regiões circunvizinhas, num mesmo nível.

florestas densas. Os gradientes fracos, combinados à zona difusa de baixas pressões centrada na região [Cresesb e Cepel (2001)], também contribuem para que a velocidade média dos ventos fique abaixo de 3,5 m/s.³⁰

A maior altitude ao norte de Roraima torna esta uma das localidades com maior potencial eólico da região, apresentando ventos médios anuais com velocidade acima de 6 m/s. Esse potencial só não é maior que o observado nos litorais do Amapá e do Pará. A maior intensidade dos ventos nessa faixa da região está associada aos seguintes fatores: a) distanciamento da depressão equatorial, que eleva a pressão atmosférica; b) menores índices de vegetação, que facilitam a passagem dos ventos; e c) redução da umidade do ar, que acentua a amplitude térmica ao longo do dia, intensificando a formação de brisas marítimas.

A região Centro-Oeste é a que apresenta a menor extensão em área favorável para extração de ventos, os quais sopram com velocidade média entre 4 m/s e 6 m/s, com raríssimos pontos em que podem chegar a 7,5 m/s. A velocidade aumenta à medida que nos aproximamos do sul da região, onde a vegetação é menos densa e o gradiente de pressão é mais acentuado. O estado do Mato Grosso do Sul, mais precisamente a área de fronteira com o Paraguai, é a parte mais privilegiada da região em termos de potencial eólico.

Além da velocidade dos ventos, outros fatores que não foram abordados nesta seção, como estabilidade e turbulência, devem ser considerados no cálculo do potencial eólico de cada região. A Tabela 9 sintetiza os resultados divulgados no *Atlas do Potencial Eólico Brasileiro* – fonte das informações desta seção. O cálculo não inclui regiões cobertas por água (seja mar ou rio) e considera apenas a capacidade extraída por ventos com velocidade acima de 7 m/s.³¹

Tabela 9

Potencial Eólico Brasileiro por Região Geográfica

REGIÃO	POTENCIAL EÓLICO (MW)	ENERGIA ANUAL EQUIVALENTE (TWH/ANO)
Nordeste	75.050	144,29
Sudeste	29.740	54,93
Sul	22.760	41,11
Norte	12.840	26,45
Centro-Oeste	3.080	5,42
Total	143.470	272,20

Fonte: Cresesb e Cepel (2001) – *Atlas do Potencial Eólico Brasileiro*.

³⁰ Esta velocidade padrão é medida a 50 m do solo.

³¹ Para mais detalhes, o Atlas está disponível em versão pdf no endereço eletrônico http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/atlas_eolico_brasil/atlas-web.htm, no qual também se encontra a metodologia completa.

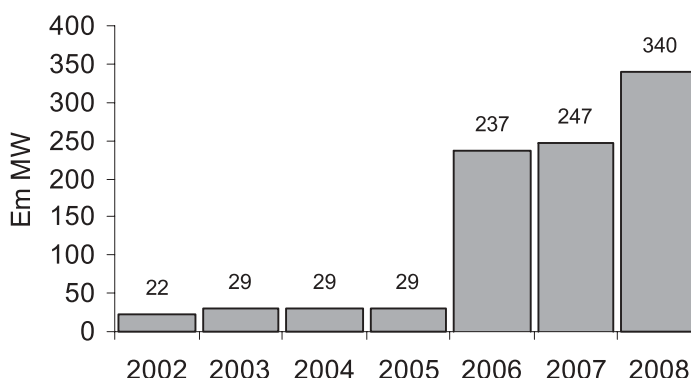
Evolução da Capacidade Instalada

A primeira turbina eólica no país foi instalada em 1992, na ilha de Fernando de Noronha, em Pernambuco. Apesar da baixa capacidade (75 kW), este equipamento mostrou à população brasileira que era viável a geração de eletricidade com base em ventos.

Mas só dez anos depois, com a criação do Programa de Incentivo a Fontes Alternativas (Proinfa),³² o potencial eólico brasileiro começou de fato a ser explorado. Dos 340 MW instalados até 2008 no Brasil, 324 MW foram feitos no âmbito deste programa.

Gráfico 6

Evolução da Capacidade Instalada de Geração Eólica no Brasil



Fonte: WWEA e Eletrobrás.

O Proinfa foi lançado pelo Ministério de Minas e Energia e, por meio desse programa, o governo brasileiro se comprometeu a comprar 3.315 MW de energia renovável, divididos igualmente entre eólica, biomassa e hidrelétrica (PCH),³³ que seriam instalados em duas fases. A primeira se estenderia de 2006 a 2008, enquanto a segunda só teria início após a conclusão e a avaliação da primeira. O programa garantiria a compra, pela Eletrobrás, da energia produzida, por meio de um contrato de compra e venda de energia (CCVE), com prazo de duração de vinte anos contados a partir da data de operação definida no contrato. A Eletrobrás seria a responsável pela realização das chamadas públicas. Como na primeira fase a quantidade de projetos de biomassa apresentados foi pequena, a fonte eólica recebeu mais que um terço das encomendas, sendo contratados, no total, 1.423 MW, correspondentes a 54 usinas eólicas, como se pode observar na Tabela 10.

³² O programa foi lançado em 2003, com base na Lei 10.438 de abril de 2002.

³³ Pequenas Centrais Hidrelétricas.

Tabela 10

Projetos no Âmbito do Proinfa

PROINFA 1ª FASE	TOTAL SELECIONADO		TOTAL EM OPERAÇÃO	
Fonte	Número de Projetos	Potência Total (MW)	Número de Projetos	Potência Total (MW)
Biomassa	27	700,90	20	563,23
Eólica	54	1.422,96	15	324,53
PCH	63	1.191,40	39	775,20
Total	144	3.315,26	74	1.662,96

Fonte: Aneel (2009).

No ano de 2007, o aumento da capacidade eólica instalada foi ínfimo se comparado ao ano anterior (ver Gráfico 6), o que contribuiu para atrasar o cronograma mencionado. Segundo a Eletrobrás, esse mau desempenho deveu-se ao fato de vários projetos aprovados pelo programa terem enfrentado dificuldade para o cumprimento do conteúdo nacional mínimo exigido (60%).

Para contornar esse problema, o imposto de importação para aerogeradores, cuja alíquota era de 14%, foi zerado em 2007, a fim de permitir aos empreendedores do Proinfa atingir o índice mínimo de nacionalização exigido, uma vez que o critério de cálculo deste índice incorpora o imposto no conteúdo importado do equipamento. Essa alteração foi polêmica, pois o país contava com um fabricante de aerogeradores – a Wobben Windpower –, o que impediria, segundo os trâmites convencionais, que um importador se beneficiasse de um ex-tarifário para um bem com similar nacional. Os vencedores dos projetos eólicos alegavam que a presença de um monopólio nesta indústria justificava o pedido de redução do imposto. No entanto, a Eletrobrás, em defesa da alteração aduaneira, apresentou o argumento de que a indústria nacional de aerogeradores, cuja capacidade anual era de apenas 250 MW, não conseguiria atender sozinha à demanda prevista pelo Proinfa. *A posteriori*, observando a evolução da instalação da capacidade eólica no país nos anos de 2006, 2007 e 2008, percebe-se que a indústria nacional, ainda que se desconsiderem os investimentos feitos em expansão produtiva, teria condições de atender à demanda.

A mudança do imposto de importação não foi unanimemente entendida como positiva para o setor. Há a acusação de que o descumprimento dos prazos tenha se dado não pela dificuldade de cumprir o índice de nacionalização e sim pelo fato de alguns participantes do leilão não terem o objetivo de executar os projetos eólicos, mas revendê-los. Dessa forma, o atraso aumentava à medida que ocorria o repasse repetido dos projetos e, somente às vésperas da data de conclusão, era encaminhado o pedido de fornecimento

de equipamentos à indústria nacional, que, nestas condições e prazos, não tinha como entregar equipamentos a tempo.

Os projetos de PCH e usinas movidas a biomassa também sofreram atrasos, ligados à dificuldade de atendimentos às exigências ambientais e, no caso de biomassa, à dificuldade de fornecimento de equipamentos. Desta forma, dos 144 empreendimentos contratados, apenas 74 estão em operação, gerando cerca de 1.663 MW, como pode ser verificado na Tabela 10.

Esse fato obrigou a Eletrobrás a ampliar o prazo para implantação da primeira fase do programa. As empresas contratadas teriam até fevereiro de 2009 para terminar seus projetos. Após essa data, só serão postergados os empreendimentos nos quais a Eletrobrás aceitar os motivos de “caso fortuito” ou “força maior”, conforme prevê a legislação. Em decorrência dos atrasos, a Eletrobrás adquiriu a energia não gerada pelos projetos contratados no mercado livre.

O custo do programa entra nas faturas mensais pagas pelos consumidores finais do Sistema Interligado Nacional (SIN), exceto os de baixa renda (consumo mensal inferior a 80 kWh).

O setor aguardou os Leilões de Energia Nova A-3/2008 e A-5/2008.³⁴ Nesses leilões, todas as fontes de energia competem entre si (incluindo as não-alternativas). No primeiro leilão, realizado em 17.9.2008, o preço médio de negociação ficou em R\$ 128,42, enquanto no segundo, realizado em 30.9.2008, o preço médio ficou em R\$ 141,78. A lista de vencedores dos leilões deixou de fora qualquer projeto eólico, incluindo predominantemente usinas termelétricas.

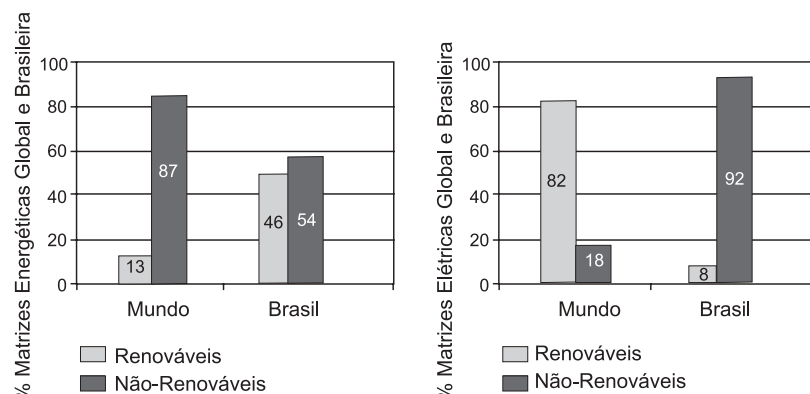
A matriz energética brasileira está entre as mais limpas do mundo, mas o percentual de energia renovável vem caindo à medida que mais termelétricas são construídas no país.

O Plano Decenal de Expansão de Energia (PDEE 2008-2017), em consulta pública até fevereiro de 2009, prevê que a geração de eletricidade por fonte hidráulica será reduzida de 84% para 74%. As fontes alternativas (como eólica, biomassa e solar) crescerão de 1,3% para 4%. Finalmente, as termelétricas a carvão, óleo combustível e gás natural terão participação crescente de 12% para 17%.

³⁴ Os dígitos 3 e 5 fazem menção ao período entre o ano de realização do leilão e a data de entrega da capacidade instalada. Desta forma, o leilão A-3/2008 está previsto para ocorrer em 2008 e a entrega da capacidade será em 2011. O leilão A-5/2008 ocorre em 2008 e terá a capacidade entregue até 2013.

Gráfico 7

Comparação das Matrizes Energéticas e Elétricas Mundiais e Brasileiras



Fonte: Ministério de Minas e Energia (apresentação EDP Brasil).

Essas usinas têm como vantagem o curto prazo com que podem ser construídas e a capacidade de despachar imediatamente energia na rede sempre que solicitadas. Dessa forma, o sistema nacional utiliza as termelétricas como uma fonte de energia de emergência, o que é importante para a segurança energética do país. Fortes críticas, no entanto, recaíram na frequência com que essas usinas despacharam no último ano e no custo que isso representou para o sistema.

Após um longo período de ociosidade, as usinas termelétricas despacharam com uma alta frequência em 2008, mesmo ano em que os preços do petróleo atingiram um pico histórico, ultrapassando a casa dos US\$ 140/barril. A escassez de chuva no período que deveria ser o mais úmido do ano elevou os preços de energia elétrica no mercado *spot*. O custo da geração de energia termelétrica ficou, portanto, muito acima do valor mencionado nos leilões de energia. O lance é calculado com base no Índice de Custo Benefício (ICB) do projeto, detalhadamente explicado pela Portaria MME 59, de 10.4.2007. Neste índice, são considerados tanto os custos fixos quanto os variáveis, sendo os últimos calculados com base na quantidade predeterminada de lotes ofertados pelo candidato. As usinas termelétricas têm custo fixo relativamente baixo, mas custo variável elevado. Dessa forma, se a usina gerar mais energia que a prevista nestes lotes, o custo variável sofre grande impacto e se descola daquele previamente calculado no ICB. Com isso, em 2008 muitas usinas termelétricas geraram energia a um custo demasiadamente superior ao lance anunciado no leilão e ainda mais alto que o custo de geração por fonte eólica.

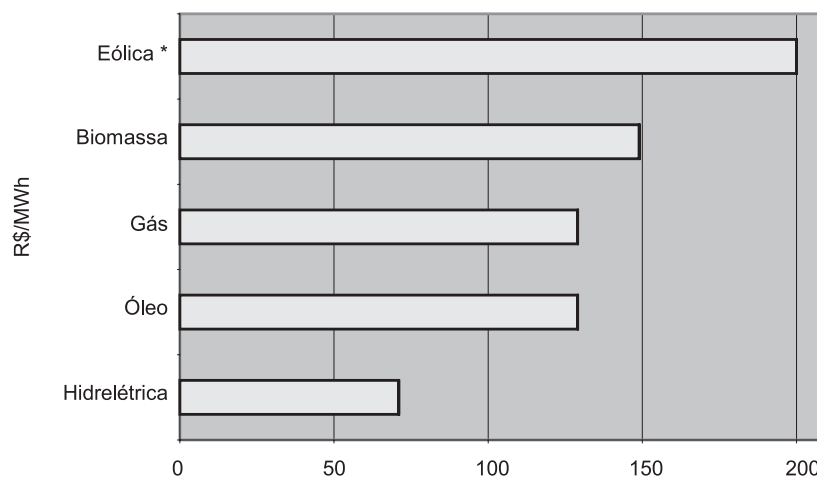
A concorrência de diferentes fontes de energia no mesmo leilão é uma crítica recorrente dos empreendedores do ramo eólico.

Com o preço do barril do petróleo em baixa, a energia eólica ficou ainda menos competitiva. As tarifas fixadas nos últimos leilões ficaram muito abaixo dos R\$ 210 alegados como sustentáveis para a produção de 1 MW a partir dos ventos. Atendendo ao pleito do setor, até fevereiro de 2009 o Ministério de Minas e Energia deixou em consulta pública as Diretrizes para um Novo Leilão de Contratação de Energia Específica para fontes eólicas. A energia contratada estaria disponível a partir de 2012 e o contrato de compra e venda de energia teria duração de vinte anos. Até o momento, a polêmica recaiu na não-explicitação de um índice mínimo de nacionalização dos projetos.

Mesmo sem a exigência desta condição, é possível que haja uma tendência ao cumprimento de um índice mínimo de 60% de nacionalização dos equipamentos e componentes eólicos. Isso se deve ao fato de a aquisição de máquinas com este índice ser passível de financiamentos do BNDES via FINAME. Isso confere ao produtor de aerogeradores e componentes nacionais uma vantagem comparativa, dado que o seu comprador (em geral, o proprietário do parque eólico) disporá de melhores condições de financiamento para a aquisição do bem. Entretanto, essa tendência só é plausível se houver o entendimento dos fabricantes de que esses leilões serão periódicos e mantidos no longo prazo, posto que a busca por fornecedores nacionais e a manutenção de uma estrutura que permita a nacionalização dos equipamentos são custosas em tempo e em recursos para uma empreitada circunstancial.

Gráfico 8

Preço Médio de Energia Elétrica Obtida das Diferentes Fontes de Geração



Fonte: Revista Exame, 16.7.2008.

* Estimativa do Ministério de Minas e Energia para leilão em 2009.

Em 2007, 16 usinas eólicas estavam em operação no Brasil. Atualmente, o número chega a 31, como se pode ver na Tabela 11.

Projetos Eólicos no Brasil: Concluídos e em Andamento

Tabela 11

Usinas Eólicas em Operação no Brasil (Fevereiro de 2009)

	USINA	POTÊNCIA FISCALIZADA (Em MW)	MUNICÍPIO
1	Eólica de Prainha	10,00	Aquiraz (CE)
2	Eólica de Taíba	5,00	São Gonçalo do Amarante (CE)
3	Parque Eólico de Beberibe	25,60	Beberibe (CE)
4	Mucuripe	2,40	Fortaleza (CE)
5	Foz do Rio Choró	25,20	Beberibe (CE)
6	Eólica Canoa Quebrada	10,50	Aracati (CE)
7	Lagoa do Mato	3,23	Aracati (CE)
8	Eólica Paracuru	23,40	Paracuru (CE)
9	Taíba Albatroz	16,50	São Gonçalo do Amarante (CE)
10	Eólica-Elétrica Experimental do Morro do Camelinho	1,00	Gouveia (MG)
11	Millennium	10,20	Mataraca (PB)
12	Presidente	4,50	Mataraca (PB)
13	Camurim	4,50	Mataraca (PB)
14	Albatroz	4,50	Mataraca (PB)
15	Atlântica	4,50	Mataraca (PB)
16	Caravela	4,50	Mataraca (PB)
17	Coelhos II	4,50	Mataraca (PB)
18	Coelhos IV	4,50	Mataraca (PB)
19	Mataraca	4,50	Mataraca (PB)
20	Eólica de Fernando de Noronha	0,23	Fernando de Noronha (PE)
21	Eólica Olinda	0,23	Olinda (PE)
22	Pedra do Sal	15,30	Parnaíba (PI)
23	Eólio-Elétrica de Palmas	2,50	Palmas (PR)
24	RN 15 – Rio do Fogo	49,30	Rio do Fogo (RN)
25	Macau	1,80	Macau (RN)
26	Parque Eólico de Osório	50,00	Osório (RS)
27	Parque Eólico Sangradouro	50,00	Osório (RS)
28	Parque Eólico dos Índios	50,00	Osório (RS)
29	Eólica de Bom Jardim	0,60	Bom Jardim da Serra (SC)
30	Parque Eólico do Horizonte	4,80	Água Doce (SC)
31	Eólica Água Doce	9,00	Água Doce (SC)
	Total	402,78	Brasil

Fonte: Aneel e BNDES.

Até 2007, o Sul era a região que apresentava maior capacidade eólica instalada e o estado gaúcho aparecia como o maior gerador de energia elétrica por fonte eólica do país. No entanto, a inauguração de empreendimentos ao longo de 2008 permitiu ao Nordeste tomar a primeira posição do *ranking*. O Ceará apresentou incremento de capacidade recorde, e a conclusão dos projetos em andamento, em breve, permitirá ao estado cearense tornar-se líder brasileiro em capacidade eólica instalada. Até o final de 2009, o estado contará com 500 MW.

Tabela 12

Capacidade Eólica Instalada por Estado e Região do Brasil

TOTAL DE CAPACIDADE EÓLICA INSTALADA POR REGIÃO (EM MW)				TOTAL DE CAPACIDADE EÓLICA INSTALADA POR ESTADO (EM MW)		
Região	Atual	2007	Prevista pelo Proinfa	Estados	Atual	2007
NE	234,9	79,2	806	CE	121,83	17,45
				RN	51,10	51,10
				PB	46,20	10,20
				PE	0,40	0,40
				PI	15,30	0,00
S	166,9	166,9	454	RS	150,00	150,00
				SC	14,40	14,40
				PR	2,50	2,50
SE	1	1	163	MG	1,00	1,00
NE	0	0	0			
CO	0	0	0			
Total	403	247	1.423	Total	403	247

Fonte: Aneel e BNDES.

Fabricantes Nacionais

Segundo dados apresentados no Congresso Wind Forum Brazil 2009, por Camila Ramos, da New Energy Finance, os maiores supridores de aerogeradores para os projetos instalados em 2008 e em andamento foram Suzlon, com 31% do *market share*, Vestas, com 15%, Wobben, com 28%, e Impsa (WPE), com 26%, tendo as duas últimas fábricas em operação no país.

A Wobben Windpower foi a primeira fabricante de aerogeradores a se instalar no Brasil e até 2008 constava como única. Com fábricas em Sorocaba (SP) e Pecém (CE), a empresa tem mais de 1.200 colaboradores diretos e indiretos, além de 1.700 fornecedores.

Criada em 1998, a empresa é subsidiária da alemã Enercon, uma das cinco maiores fabricantes de aerogeradores do mundo. A empresa é grande exportadora de aerogeradores, tendo instalado 680 MW até 2008 – dos quais 340 MW estão localizados no exterior. Seus produtos têm índice de nacionalização maior que 70%, sendo, portanto, uma candidata natural ao fornecimento de equipamentos eólicos para projetos no âmbito do Proinfa.

Além de produzir aerogeradores, a Wobben atua como proprietária de alguns parques eólicos no Brasil e no exterior. A empresa instala, opera e presta serviços de assistência técnica. Foi a primeira produtora independente de energia elétrica oriunda de fonte eólica, autorizada pela Aneel, e tem quatro usinas próprias em operação no país. A empresa vem explorando também o potencial argentino e costarriquenho.

O ano de 2008 marcou a chegada de um segundo fabricante de aerogeradores no país: a Wind Power Energy (WPE).

A empresa faz parte do grupo argentino IMPSA, especializado no desenvolvimento e na produção de bens de capital de alta tecnologia e no fornecimento de soluções integrais para projetos de geração hidrelétrica e eólica, entre outras atividades. Composto de 19 empresas, espalhadas em dez países, o grupo inaugurou, em 2008, sua primeira fábrica no Brasil – a WPE –, empregando diretamente cerca de 380 funcionários.

Na fábrica argentina de Mendoza, a IMPSA produz aerogeradores com tecnologia licenciada pela alemã Vensys e vem desenvolvendo tecnologia própria, de equipamentos sem caixa multiplicadora. A intenção é que a fábrica implantada no Brasil constitua, em breve, sua primeira unidade produtora de aerogeradores com uso de tecnologia própria, em escala comercial, mas possivelmente, na fase inicial de operação, a unidade fará uso de tecnologia licenciada também pela Vensys.

Entre as empresas de capital 100% nacional, merece destaque a Tecsis, segunda maior produtora independente de hélices eólicas do mundo. Fundada em 1995, a empresa é também líder no mercado brasileiro de ventiladores industriais. Sua lista de clientes inclui algumas das maiores companhias do mundo, como GE, Acciona, Siemens, Hamon Group, Vale do Rio Doce e Petrobras. Atualmente, a empresa conta com 11 plantas, todas em Sorocaba (SP), empregando diretamente 3.600 funcionários.

A Siemens revelou em reportagem do *Valor Econômico*, de 27.2.2009, a intenção de produzir, ainda em 2009, peças internas de aerogeradores na sua fábrica de Jundiaí (SP). A com-

preensão da empresa de que um leilão específico para as usinas eólicas ocorrerá neste ano acelerou os planos de investimento. As pás, a princípio, seriam importadas de fábricas do próprio grupo localizadas nos EUA e na Dinamarca. As torres, no entanto, seriam adquiridas domesticamente de empresas como Jaraguá, Dedini e Usiminas Mecânicas.

Também em matéria veiculada pelo *Valor Econômico*, a Alstom revelou a intenção de instalar uma fábrica de aerogeradores na América, sendo o Brasil um dos países candidatos.

Em 2005, a Furlander, grande fabricante alemã de aerogeradores, chegou a mencionar a intenção de construir uma fábrica no Ceará, que envolveria investimentos de US\$ 5 milhões. Havia nesta época uma grande expectativa acerca da execução dos projetos previstos pelo Proinfa, mas os atrasos percebidos em 2007 e 2008, bem como a indefinição quanto à prorrogação do programa, colaboraram para retardar os planos de investimentos.

Apesar desses percalços, o nascimento de uma empresa genuinamente brasileira de aerogeradores não é um sonho distante. Alguns grupos nacionais revelaram grande interesse em participar desse mercado, e o estreitamento dos laços entre universidade e empresa pode ser a chave para o desenvolvimento de uma tecnologia própria que viabilize a produção de turbinas eólicas 100% *made in Brazil*.

O Projeto Ventus, coordenado pelos Laboratórios de Engenharia de Processos de Conversão e Tecnologia de Energia (Lepten), da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), associado a quatro empresas privadas catarinenses, é um bom exemplo dos benefícios que essa parceria pode trazer à empresa e ao país. O projeto, iniciado em 2004, conta com apoio fundamental da Assessoria para Projetos Especiais (Appe) e da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep). O objetivo do projeto é gerar um protótipo de miniaerogerador para fins domésticos. O equipamento, composto de um rotor eólico com três pás de cinco metros, gerador de ímãs permanentes de 15 kW com acionamento indireto e torre de sustentação de 25 metros de altura, mostra capacidade de gerar 12 kW. As empresas parceiras do projeto são as seguintes: WEG Equipamentos Elétricos Ltda., fornecedora do gerador; Almeida & Justi, fornecedora das pás; Milano Estruturas Ltda., responsável pela fabricação da torre, nacele, acionamento mecânico, instalação e teste; e Equisul Ltda., responsável pela eletrônica de potência.

A quantidade de empregos gerados diretamente na cadeia de aerogeradores surpreende. Estima-se que para cada MW instalado ao ano de capacidade eólica surjam 15 novos empregos diretos e indiretos na cadeia.³⁵ Se, por um lado, a indústria de ae-

³⁵ Inclui empregos diretos e indiretos na manufatura de aerogeradores, cadeia de suprimentos, desenvolvimento e instalação de parques eólicos.

rogeradores requer grande contingente de mão-de-obra (veja caso da Tecsís, WPE e Wobben), a operação do parque eólico não exige forte atuação humana. Nas operações regulares de operação e manutenção dessas usinas, estima-se a criação de 0,4 emprego para cada MW de capacidade. Sem dúvida, o maior número de empregos surge na fase de implantação do parque. Por exemplo, na construção de um parque brasileiro do Nordeste com capacidade de 50 MW, foram criados cerca de duzentos empregos diretos na fase de construção e apenas vinte na fase de operação.

A disponibilidade de linhas de financiamento de longo prazo é considerada um critério fundamental para o sucesso dos empreendimentos no ramo eólico. Isto vale tanto para as empresas fabricantes de aerogeradores e componentes quanto para as que pretendem construir fazendas eólicas. A presença do BNDES é, portanto, essencial para a consolidação do setor no país.

A atuação do BNDES pode se dar de diversas formas, começando pelo apoio às exportações, que tem sido encarado como uma meta-chave da política de desenvolvimento produtivo.

O apoio às exportações é de grande relevância para o setor, pois os fabricantes nacionais de aerogeradores e de componentes ainda enfrentam baixa e inconstante demanda doméstica e têm no mercado externo relevante destino da sua produção. Para essas empresas, as linhas de financiamento às exportações BNDES-*Exim* Pré-Embarque e Pós-Embarque podem fortalecer suas atuações no mercado.

Para estimular diretamente a produção de bens de capital, o BNDES ainda disponibiliza aos fabricantes de aerogeradores e componentes dois produtos: o FINEM e o FINAME. O primeiro visa apoiar os investimentos em aumento da capacidade e construção de novas plantas, ampliando assim a participação de fornecedores nacionais de equipamentos, materiais e serviços vinculados. O prazo médio dos financiamentos liberados para o setor de bens de capital – onde estão incluídos os fabricantes de aerogeradores – é de sete anos. O segundo tem como objetivo financiar a venda de máquinas e equipamentos já negociados com as respectivas compradoras.

Para as empresas do segmento de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, o Banco tem linhas especiais de financiamento, que apóiam, no momento, a instalação de 300 MW³⁶ em capacidade eólica no país.

³⁶ Operações contratadas, aprovadas e enquadradas.

A Atuação do BNDES

Dessa forma, o BNDES cumpre um importante papel de fortalecimento da demanda interna por aerogeradores e adensamento da cadeia do setor eólico, contribuindo ativamente para a geração de emprego e renda no país.

Conclusão

A atividade de geração de energia elétrica e de calor, atualmente responsável por 30% das emissões de gases geradores de efeito estufa, contribuiu em larga escala para o aquecimento global ao longo do último século. Para conter a intensidade das mudanças climáticas nos próximos anos, faz-se urgente a alteração do atual modelo energético global.

A pressão ambiental a favor da redução do uso de fontes de energia poluentes e a volatilidade acerca do preço do barril de petróleo são elementos que vêm catalisando o crescimento do setor eólico em âmbito mundial.

A atual capacidade instalada de geração de energia eólica é cerca de 15 vezes maior que aquela registrada há dez anos. A participação dos governos centrais foi fundamental para garantir este crescimento, seja via adoção de políticas fiscais e de subsídios diretos aos fabricantes de aerogeradores ou via estabelecimento de preços fixos do MW, que garantissem a viabilidade econômica dos projetos eólicos.

No Brasil, o papel do governo federal foi igualmente importante para o setor. A criação do Proinfa pelo Ministério de Minas e Energia permitiu que o país aumentasse sua capacidade de geração de energia eólica de 22 MW, em 2002, para 247 MW, em 2007.

Apesar do notável incremento, isto representa menos de dois milésimos do potencial eólico instalável no país, o que revela espaço para um crescimento ainda mais agressivo da capacidade eólica nos próximos anos.

Além de preciosas “jazidas de ventos” livres de tufões e tornados, o Brasil conta com um fator natural que dá à geração de energia eólica um caráter estratégico. Os períodos de escassez de chuvas e vazantes dos rios, que podem comprometer a geração de energia hidrelétrica, coincidem com os períodos em que os ventos são mais fortes e intensos. O contrário acontece nos períodos de chuva. Isto cria uma complementaridade entre as fontes hídrica e eólica ao longo do ano que diminui os riscos de “apagões” energéticos.

Os empreendedores do ramo eólico cobram do governo federal um comprometimento maior com esta energia renovável, uma postura previsível de longo prazo e um marco regulatório claro e crível.

O país tem atualmente o maior parque eólico da América Latina. Sem dúvida, a existência de linhas de financiamento de longo prazo oferecidas pelo BNDES constitui uma vantagem comparativa do Brasil que pode ser um diferencial no ato de decisão das empresas estrangeiras quanto ao local de instalação de suas novas fábricas de aerogeradores ou parques eólicos no continente.

Referências

ABREU, C. *Custos financeiros e sociais da geração de electricidade em parques eólicos*. Universidade de Minho, 2006.

ACKERMANN, Thomas & SÖDER, Lennart: "An overview of wind energy – status 2002". *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, 2002.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, fev. 2009. Disponível em: <www.aneel.gov.br>.

CRESESB – CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO & CEPEL – CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA. *Atlas do potencial eólico brasileiro*, 2001.

DEVESHWAR, Shumita Sharma. "Cresce uso de energia eólica pelos indianos". *Gazeta Mercantil*, 28.1.2008, caderno A, p. 11.

ELETROBRÁS. Nota técnica de 24.3.2008.

Gazeta Mercantil, 7.1.2008.

GERMAN ADVISORY COUNCIL ON GLOBAL CHANGE. *Climate Protection Strategies for the 21st Century: Kyoto and Beyond*, 2003.

GWEC – GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL. *China wind power report, 2007*. Disponível em: <www.gwec.net>.

_____. *Global wind energy report, 2007*. Disponível em: <www.gwec.net>.

_____. *Global wind energy outlook, 2008*. Disponível em: <www.gwec.net>.

MME– MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Portaria 59, de 10 de abril de 2007. Disponível em <mme.gov.br>.

MOSS, Hamilton & DUTRA, Ricardo. *Principais parques eólicos implementados e projeções*. Apresentado em São Paulo, 28.2.2007. Disponível em: <www.cresesb.cepel.br>.

PORTELLA, J. *A viabilidade da captação da energia eólica nos oceanos (captação offshore)*. Lavras, MG: Universidade Federal de Lavras, 2007.

REY, Renzo Raúl Rodríguez & OLIVEIRA, Francisco Correia de. *Fatores técnicos de impacto no meio ambiente nos geradores de energia elétrica eólica do Ceará: um estudo de caso na indústria da Taíba*. Apresentado no “V Encontro de Pós-Graduação e Pesquisa da Unifor”, 2005, Fortaleza. Anais do “V Encontro de Pós-Graduação e Pesquisa da Unifor”, 2005.

ROSAS, P. A. C. & ESTANQUEIRO, A. I. *Guia de projeto elétrico de centrais eólicas*. Volume 1 – Projeto elétrico impacto de centrais eólicas na rede elétrica. Recife: Centro Brasileiro de Energia Eólica, 2003.

STERZINGER, G. & SYRCEK, M. “Development: location of manufacturing activity”. *Renewable Energy Policy Report, Technical Report*, set. 2004 .

Valor Econômico. “Siemens aposta na geração eólica no Brasil”, 9.3.2009.

Veja. “A força que vem do vento”, n. 2.080, 1.10.2008.

WWF – WORLD WILDLIFE FUND. “Salve o Planeta – Energia”. *O Globo*, fev./mai. 2008, p. 39.

Sites Consultados

www.cresesb.cepel.br/faq/faq_eolica.htm.

www.dee.ufrn.br/~tavares/arquivos/t%F3picos/Aula05_Como%20funciona%20um%20aerogerador.pdf

www.magenn.com

www.ecotecnologia.wordpress.com

www.ewea.org

www.gwec.net

www.imf.org

www.aneel.gov.br

www.windpower-monthly.com

www.unep.org

www.energy.gov

O SETOR DE SODA-CLORO NO BRASIL E NO MUNDO

Eduardo Fernandes

Ana Maria da Silva Glória

Bruna de Almeida Guimarães*

** Respectivamente, gerente, analista de sistemas e estagiária do Departamento de Indústria Química da Área de Insumos Básicos do BNDES.*

PETROQUÍMICA

Resumo

Este trabalho é resultado da compilação de dados do setor de soda-cloro divulgados esparsamente na literatura técnica. Sua finalidade é atualizar e retratar, tão objetiva e simplesmente quanto possível, a indústria de soda-cloro, ao apresentar sinteticamente algumas de suas particularidades, principais características, números referentes ao mercado, tecnologias empregadas, aspectos ambientais e capacidades produtivas de algumas plantas no Brasil e no mundo. Sem a pretensão de originalidade ou de esgotamento do assunto, procura-se mostrar as relações e ressaltar a importância do papel desse setor na integração de atividades industriais diversas, ao evidenciar a participação diferenciada e insubstituível de sua aplicação nos cenários nacional e internacional, através da transversalidade que lhe permite permear setores industriais como o de plásticos, de papel e celulose e de alumínio.

Introdução

A Cadeia Produtiva

Além dos produtos derivados direta e/ou indiretamente do cloro e da soda, como os defensivos agrícolas, o alumínio, os remédios, os produtos de higiene, os tubos de PVC, as tintas, os tecidos e papel e celulose, vale lembrar sua importante aplicação no tratamento de potabilidade da água para o uso humano.

Modernamente, pelos processos mais utilizados para a produção do cloro, da soda e de outros poucos produtos halogenados, normalmente obtidos nas respectivas plantas do setor, como o ácido clorídrico e o hipoclorito de sódio, produto ativo da água sanitária, são necessários, basicamente, três insumos: sal, água e energia elétrica. Algumas indústrias ainda utilizam o mercúrio metálico, embora esse processo de fabricação venha sendo combatido por ser ambientalmente prejudicial, caindo aos poucos em desuso, como é comentado a seguir neste trabalho.

A cadeia produtiva da indústria de soda-cloro inicia-se com a eletrólise da salmoura. Nesta operação, a soda é coproduzida com o cloro, em uma proporção fixa de 1 tonelada de cloro para 1,12 tonelada de soda cáustica.

A unidade de produção utilizada em plantas de soda-cloro é a ECU – *electrochemical unit* ou unidade eletroquímica –, obtida pela soma de 1 tonelada de cloro e 1,12 tonelada de soda. O preço de uma ECU é igual à soma dos preços de 1 tonelada de cloro e 1,12 tonelada de soda.

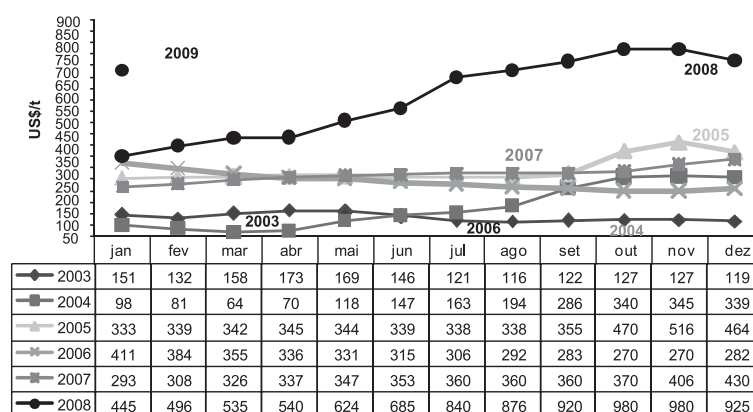
A indústria de soda-cloro comporta-se de forma cíclica, caracterizada por grandes saltos no incremento de capacidade para o atendimento da demanda. Como o cloro e a soda são produzidos em uma proporção fixa, o suprimento de um pode ser delimitado pela demanda do outro e vice-versa. Os preços do cloro e da soda estão intimamente ligados às variações da oferta e da demanda.

A Figura 1 apresenta um histórico da variação do preço da soda no golfo do México, maior área mundial de produção de soda-cloro, para o período 2003–2009.

Atualmente, três processos de eletrólise são utilizados industrialmente: o de mercúrio, o de diafragma e o de membrana. Em 2007, segundo a Associação Brasileira da Indústria de Álcalis, Cloro e Derivados (Abiclor), 72% da produção brasileira do setor de soda-cloro empregou a tecnologia de diafragma, 23% a de mercúrio e 5% a de membrana. Essa distribuição percentual é em função dos elevados custos inerentes à substituição da tecnologia que utiliza o mercúrio, e também das exigências ambientais legais em cada região pelo governo local.

Figura 1

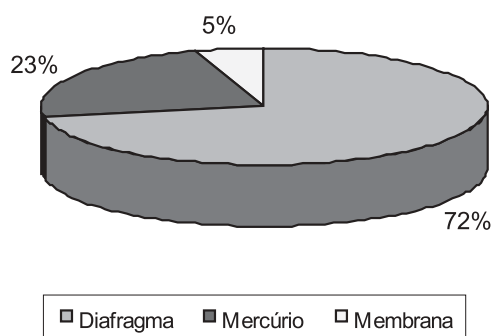
Variação do Preço da Soda no Golfo do México (2003–2009)



Fonte: ICIS-LOR.

Figura 2

Distribuição da Tecnologia Empregada na Produção de Soda-Cloro no Brasil em 2007



Fonte: Abiclor.

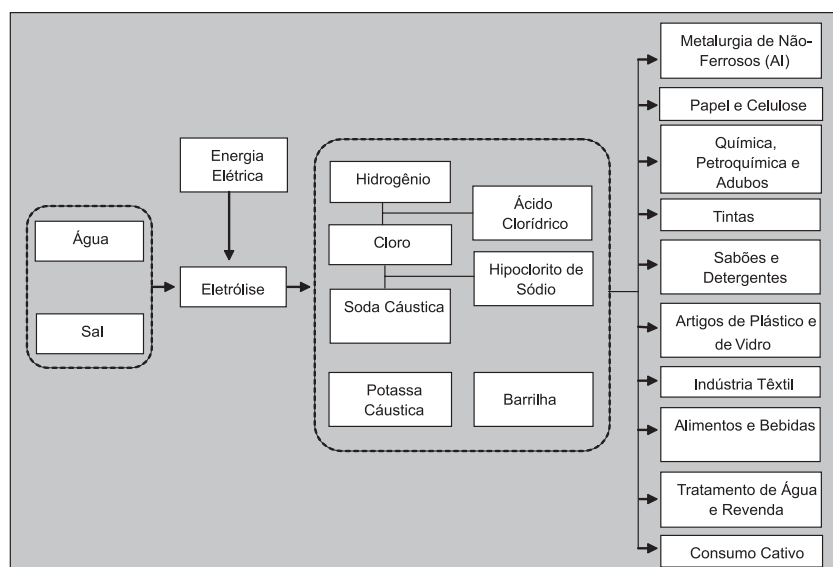
O Processo

A indústria de soda-cloro constitui uma das maiores tecnologias eletroquímicas do mundo. É um processo eletrointensivo, classificado como o segundo maior consumidor de eletricidade, com utilização anual de 2.400 bilhões de kWh, em 2006. Em 2007, a energia elétrica representou pouco mais de 45% do custo total de produção do setor.

Seja qual for a tecnologia usada, uma solução de sal (cloreto de sódio – NaCl) em água é eletrolisada pela ação direta da corrente elétrica, a qual converte – nos anodos – os íons cloreto do sal em cloro elementar.

Figura 3

Cadeia Produtiva do Cloro e da Soda



Fonte: GVconsult.

O cloro resulta da eletrólise da solução de cloreto de sódio (sal grosso) em água. Sua aparência inicial é a de um gás amarelo-esverdeado, com odor forte e irritante. Para melhor manipulação e transporte, esse gás cloro é posteriormente pressurizado a baixa temperatura para ser liquefeito, transformando-se em um líquido claro de cor âmbar. Assim, é comercializado nessa forma, sendo transportado em carros-tanque e cilindros de 900 kg.

Produtos da Cadeia Soda-Cloro

Cloro Líquido

O cloro é utilizado na fabricação da resina plástica polícloro de vinila (PVC), solventes clorados, agroquímicos, principalmente defensivos agrícolas, e no branqueamento da polpa de celulose. Por causa do seu alto poder bactericida, é largamente empregado no tratamento de água potável e de piscinas. Também é utilizado como intermediário nas sínteses químicas e nos processos de obtenção de numerosos produtos químicos, tais como: anticoagulantes, poliuretanos, lubrificantes, amaciantes de tecidos, fluidos para freios, fibras de poliéster, insumos farmacêuticos, etc.

O cloro líquido também tem aplicação como matéria-prima no processo produtivo do cloreto de hidrogênio (gás), precursor do ácido clorídrico (líquido a 37%), do hipoclorito de sódio e do dicloroetano, o intermediário da rota de fabricação do PVC comentado no item sobre a indústria desse produto.

**Dicloreetano
– EDC (Ethylene
Dichloride) ou DCE**

Fabricado e comercializado na forma líquida, o dicloreetano é obtido pela reação a baixa temperatura do cloro com o etileno, na presença de ferro e oxigênio como catalisadores.

Posteriormente, o produto é purificado para a remoção das impurezas orgânicas e inorgânicas, resultantes das lavagens químicas e da destilação efetuadas durante a reação do seu processo de obtenção.

O dicloreetano é a matéria-prima básica para a fabricação de PVC, o qual é amplamente utilizado na construção civil, na forma de tubos e conexões para água potável e esgoto. O PVC também é empregado na fabricação de embalagens, filmes plásticos, recobrimento de fios e cabos elétricos, na indústria automobilística, etc.

Ácido Clorídrico

O ácido clorídrico resulta da reação de queima do cloro com o hidrogênio, formando o gás cloreto de hidrogênio (HCl) que, depois de absorvido em água, adquire propriedades de um ácido forte devido à sua ionização na água.

Sua solução saturada em água apresenta-se como um líquido fumegante claro e ligeiramente amarelado, com odor forte e irritante, por força do desprendimento do cloro. Contém pouco mais de 33% de cloreto de hidrogênio em peso quando comercializado no grau industrial a granel. O transporte é feito em carros-tanque. Como reagente químico nos laboratórios, no grau PA (Pró-Análise), é fornecido em embalagens menores, geralmente frascos de 500 ml ou 1 litro, a 37% em peso de HCl.

Entre suas principais aplicações estão a limpeza e tratamento de metais ferrosos, por decapagem, flotação e processamento de minérios, acidificação de poços de petróleo, regeneração de resinas de troca iônica, construção civil, neutralização de efluentes, fabricação de produtos para a indústria de alimentos e farmacêutica.

Hipoclorito de Sódio

O hipoclorito de sódio é um oxidante de uso muito difundido, usado na limpeza doméstica em geral com o nome de água sanitária, sendo preparado em laboratório e industrialmente pelo borbulhamento do cloro em uma solução de hidróxido de sódio a frio. O produto apresenta-se comumente como solução aquosa alcalina, o que permite aumentar a sua conservação contra a decomposição e o consequente desprendimento do cloro. De coloração amarelada e odor característico, contém até 13% de hipoclorito

de sódio (NaClO), no máximo. Industrialmente, é comercializado nessa forma, a granel, e transportado em carros-tanque. O hipoclorito de sódio possui propriedades oxidantes, branqueantes e desinfetantes, servindo para inúmeras aplicações, tais como branqueamento da polpa de celulose e têxteis, desinfecção de água potável, tratamento de efluentes industriais, tratamento de piscinas, desinfecção hospitalar, produção de água sanitária, lavagem de frutas e legumes, além de participar como intermediário na produção de diversos produtos químicos.

A soda cáustica é obtida por eletrólise da salmoura (solução concentrada de cloreto de sódio em água) livre de impurezas que prejudicam sensivelmente a eficiência e o rendimento do processo produtivo. Independentemente do processo, a soda cáustica do mercado apresenta-se sob a forma de solução aquosa, límpida, contendo cerca de 50% de hidróxido de sódio (NaOH) em peso, comercializada na forma a granel e transportada em carros-tanque e vagões ferroviários.

Mais recentemente, a soda cáustica líquida comum para uso comercial tem sido fabricada, em geral, pelo processo de células de diafragma, mas a soda cáustica líquida *rayon*, para fins têxteis, por exigência de maior pureza, é obtida pelo processo de células de mercúrio.

A soda cáustica das cubas de mercúrio é mais pura e mais concentrada (50% em média), embora o processo consuma mais energia e seja, ambientalmente, mais maléfico. Já o processo das células de membrana fornece soda cáustica pouco mais concentrada do que o de diafragma, todavia menos concentrada (32%) do que a obtida por células de mercúrio, em uma rota de menor consumo de energia elétrica, necessitando, portanto, ser concentrada por evaporação de parte da água.

Tanto a soda cáustica *rayon* em escamas, como a soda cáustica comercial em escamas são obtidas pelo processo de evaporação da soda cáustica líquida, ou da fusão do produto anidro e do processo de escamação. Esses produtos apresentam-se na forma de escamas brancas, altamente deliquescentes (absorvem água da atmosfera, dissolvendo-se nela) e com concentração média de 96 a 98% de hidróxido de sódio em peso, dependendo da sua especificação. A soda cáustica em escamas é comercializada em sacos de polietileno de 25 kg, paletizados.

Soda Cáustica (Hidróxido de Sódio) Líquida

Soda Cáustica em Escamas

Evolução Histórica

O cloro (Cl_2 , do grego $\chi\lambda\omega\rho\omicron\varsigma$ = chlorós, que significa “amarelo verdoso”, esverdeado) foi descoberto em 1774 pelo sueco Carl Wilhelm Scheele, que acreditava se tratar de um composto contendo oxigênio. Obteve-o com base no dióxido de manganês (mineral pirolusita), pela seguinte reação:



Os processos anteriores às técnicas de eletrólise baseavam-se nesta reação ou na reação direta de HCl com o ar ou oxigênio puro, produzindo água e cloro. A primeira utilização do cloro ocorreu em 1789, com o hipoclorito de potássio usado nas indústrias têxteis para o branqueamento de tecidos.

Em 1810, o químico inglês Humphry Davy demonstrou que a substância era um elemento químico, e deu-lhe o nome de cloro, devido à sua coloração amarelo-esverdeada. Em 1823, o cloro começou a ser utilizado para a desinfecção dos hospitais.

Entre 1920 e 1940, o cloro aumentou sua participação em muitos outros processos produtivos, com o início da produção de etilenoglicol, de solventes clorados, de cloreto de vinila, entre outros. O cloro foi utilizado na Primeira Guerra Mundial, na forma de gás mostarda ou iperita, um agente químico muito tóxico de bis(2-cloroetil) sulfeto. Foi a primeira vez na história que uma substância foi utilizada como arma química.

Atualmente, os principais usos do cloro são para a produção de policloreto de vinila (PVC) e de poliuretano (que, juntos, representam cerca de 70% do consumo no Brasil), branqueamento de polpa de celulose e tratamento de água. O segmento da química e petroquímica é responsável por 94% do consumo nacional de cloro.

Já para os produtos químicos inorgânicos, a principal utilização do cloro é para a produção de dióxido de titânio (largamente utilizado como pigmento, principalmente para tintas brancas), fabricado a partir de minérios que ocorrem naturalmente (ilmenita ou rutilo).

Aspectos Estruturais da Indústria

O PVC é um plástico muito importante, com aplicações industriais e comerciais nas áreas de construção civil, medicina, alimentos (insumo para a produção de embalagens), calçados, brinquedos, fios e cabos, revestimentos, indústria automobilística, entre outras.

A resina contém, em peso, 57% de cloro e 43% de eteno (ou etileno, derivado do petróleo). Entretanto, deve-se destacar que o Brasil tem tecnologia para a obtenção da resina a partir do álcool da cana-de-açúcar.

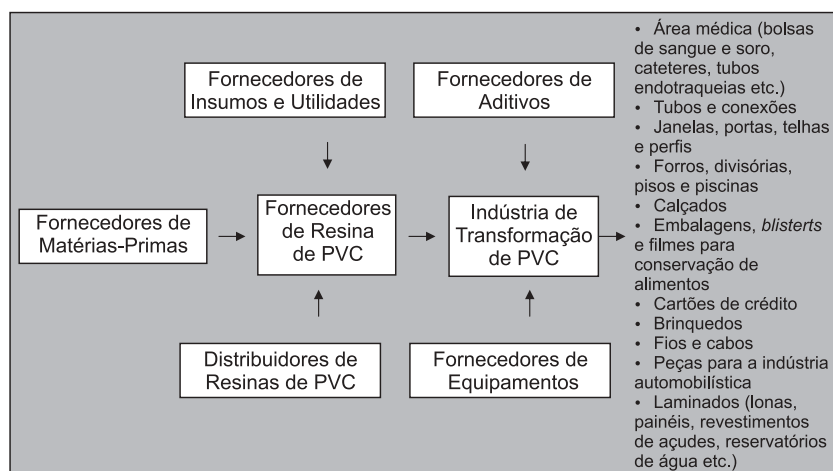
Classificação e Mercado

Indústria de PVC

No Brasil, o instituto de PVC, fundado em 1997, reúne os segmentos da cadeia produtiva do PVC, representada por fornecedores de matérias-primas, insumos e utilidades, produtores de resinas, aditivos, equipamentos, indústria de transformação, recicladores e distribuidores. Esse instituto disponibiliza informações estatísticas e técnicas de um grande número de associados.

Figura 4

Cadeia Produtiva do PVC



Fonte: *Instituto do PVC*.

O mercado brasileiro de tubos e conexões de PVC cresce hoje cerca de 22% ao ano e apresenta previsão potencial de expansão ainda maior para os próximos anos, em face do aumento da sua utilização na construção civil, responsável por 64% do consumo do produto.

Em 2007, o desempenho da produção industrial foi relevante e muito bom, caracterizado pelo aumento das vendas internas, que alcançaram a marca de 668,5 mil toneladas. O crescimento, em relação a 2006, atingiu expressivos 10,5% e o consumo aparente (produção + importação – exportação) apresentou elevação de 6,9%, com a marca de 820 mil toneladas.

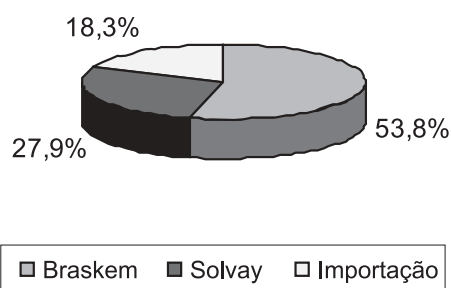
Atualmente, o uso do PVC vem crescendo em todo o mundo a uma taxa de 4 a 7% ao ano. Enquanto o consumo *per capita* de PVC é de 7 kg na China e de 15 kg nos Estados Unidos, no Brasil ainda não passa de 4 kg por pessoa.

Entre 2000 e 2006, a demanda doméstica dessa resina manteve uma taxa de crescimento anual de 14%, e a produção cresceu 23% ao ano. A dependência das importações na indústria doméstica de PVC diminuiu de 40% para 10%, graças às ampliações de capacidade produtiva das fábricas, por conta da maior disponibilidade de cloro no mercado. Duas dessas empresas de soda-cloro iniciaram a operação das suas expansões: a Solvay Indupa, no último trimestre de 2008, e a Carbocloro, no segundo semestre do mesmo ano.

Em 2007, as empresas Braskem e Solvay do Brasil foram as únicas produtoras de PVC no Brasil, com capacidade de produção de 516.000 t/a e 270.000 t/a, respectivamente.

Figura 5

Maiores Produtores de PVC no Brasil em 2007



Fonte: Abiquim.

Indústria de Papel e Celulose

No Brasil, parcela considerável da produção de soda cáustica é destinada à indústria de papel e celulose. Em 2007, essa parcela representou 22,7% da produção nacional total de soda. Da produção de cloro, somente 7,8% do total foram destinados à indústria de papel e celulose.

A soda é utilizada na dissolução (cozimento) dos cavacos de madeira, sob alta temperatura e pressão nos digestores, produzindo-se celulose não branqueada, com resíduos de lignina e de hemicelulose, e o licor negro, cuja composição inclui hidróxido de sódio, hemicelulose e outros resíduos orgânicos. Na fase posterior, denominada branqueamento, o dióxido de cloro (nos processos ECF – *elementary chlorine free*) e a soda são empregados no procedimento para conferir alvura à celulose.

No ano de 2007, a indústria metalúrgica consumiu 15,6% da produção total de soda cáustica no Brasil. O segmento a utiliza no tratamento da bauxita da qual a alumina, ou óxido de alumínio, é extraída.

Indústria de Alumínio

O refino consiste na transformação da bauxita em alumina, através da dissolução do minério em banho aquecido de soda cáustica sob pressão, no qual são separadas as impurezas insolúveis de óxido de ferro, silício e outras substâncias, por precipitação e filtragem. Posteriormente, por resfriamento, é precipitado o hidrato de alumínio, que é transformado em alumina após calcinação à alta temperatura.

Com os avanços tecnológicos nos setores automotivos, de embalagens e construção, o alumínio tornou-se o segundo metal mais utilizado do mundo, o que levou a um grande aumento do consumo da soda cáustica nesses segmentos.

No estágio de tratamento de superfície dos produtos de alumínio, a soda cáustica é utilizada no banho de decapagem alcalina, e também tem importante função na reciclagem do estanho recuperado de chapas estanhadas.

No Brasil, em 2007, 3,4% da produção total de cloro foi destinada ao tratamento de água. O uso do cloro tem como principais objetivos a desinfecção (destruição dos micro-organismos patogênicos), a oxidação (alteração das características da água pela oxidação dos compostos nela existentes), ou ambas as ações ao mesmo tempo. A desinfecção é o objetivo principal e mais comum da cloração. Já a produção da soda cáustica é consumida apenas por 0,6% desse segmento.

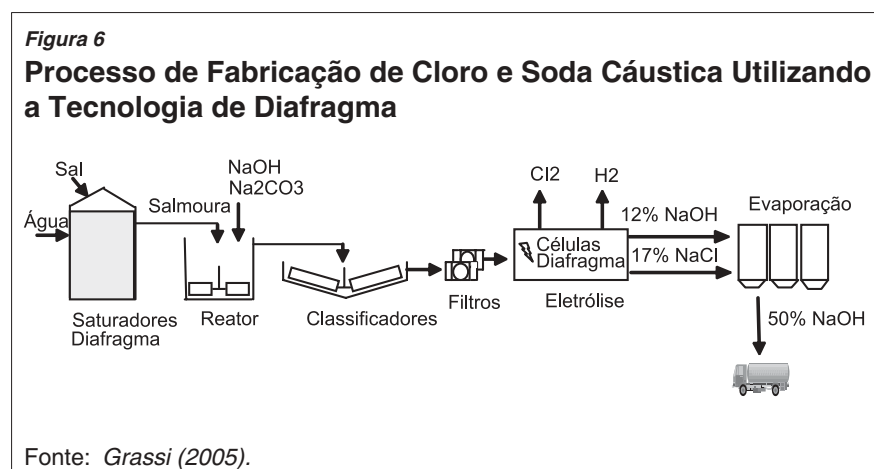
Indústrias que Operam na Cadeia

Outro setor da indústria que consome soda cáustica são os produtos de higiene pessoal e cosmético. O sabão em barras para uso doméstico e higiene e outros tipos de detergentes representam cerca de 22,6% do consumo nacional de soda cáustica.

Atualmente, existem três tecnologias utilizadas para a fabricação de soda-cloro: células de mercúrio, células de diafragma e células de membrana.

Tecnologia e Competitividade

Todas essas tecnologias são importadas. Na Figura 6, é mostrado o fluxograma do processo de produção de soda-cloro utilizando a tecnologia de diafragma.



Células de Mercúrio

As células de mercúrio foram o primeiro método utilizado para produção de cloro em escala industrial. Nesse processo, ocorrem perdas de mercúrio inerentes, pequenas, mas constantes, gerando efluentes e emissões com sérios problemas ambientais. Nas duas últimas décadas do século XX, o processo foi melhorado, embora ainda ocorram perdas prejudiciais de cerca de 1,3 g de mercúrio por tonelada de cloro produzida no mundo.

Por causa das questões ambientais envolvidas, esse processo vem sendo substituído pela eletrólise em célula de membrana que, atualmente, é responsável pelo suprimento de quase 30% da produção mundial de cloro.

No processo de células de mercúrio são empregados um catodo de mercúrio e um anodo de titânio recoberto de platina ou óxido de platina. O catodo consiste num depósito no fundo da célula de eletrólise, e o anodo situa-se acima deste, à pouca distância. A célula é preenchida com solução de cloreto de sódio e, com uma diferença de potencial adequada, processa-se a eletrólise.

As cubas de mercúrio produzem um hidróxido de sódio mais puro, mas a pequena perda de mercúrio provoca danos ambientais, elevando a concentração de metilmercúrio em alguns peixes a doses letais. Sob a adoção de processos cuidadosos de controle, associados ao tratamento da água e do ar efluentes, é possível fazer com que as indústrias de células de mercúrio satisfaçam às exigências de não poluição do ambiente.

Características principais:

- processo mais antigo e ainda bastante utilizado no mundo (responde por 35% da produção mundial de cloro);
- maior consumo de energia elétrica;
- a soda cáustica não necessita de operação de concentração suplementar;
- produtos de excelente qualidade;
- as matérias-primas não precisam ser de alta pureza; e
- o mercúrio é poluente, mas pode ser eficientemente controlado.

Utilizado principalmente no Canadá e nos Estados Unidos, o método de células de diafragma emprega um catodo perfurado de aço ou ferro e um anodo de titânio recoberto de platina ou óxido de platina. Um diafragma poroso de fibras de asbesto (amianto), misturado com outras fibras, como as de *teflon* ou politetrafluoretileno (PTFE), funciona como separador entre catodo e anodo. Esse diafragma vem sendo substituído por outro similar, mas sem amianto (crisotilo), pois é fabricado com zircônio e PTFE, importado da norte-americana Eltech – diafragma chamado “polyramix”, mais eficiente energeticamente e de maior tempo de vida útil.

Células de Diafragma

O diafragma permite a passagem dos íons por migração elétrica, mas reduz a difusão dos produtos. As cubas ou células com diafragma podem ser compactas, pois os eletrodos podem ser colocados bem próximos. Com o uso, o diafragma vai se entupindo, fato que é observado pela elevação da voltagem e pela maior pressão hidrostática na salmoura. Por isso, é preciso substituí-lo regularmente. O diafragma possibilita o escoamento da salmoura do ânodo para o cátodo e, dessa forma, diminui muito ou impede as reações paralelas e secundárias como a formação de hipoclorito de sódio.

As membranas semipermeáveis, que deixam passar o hidróxido de sódio enquanto retêm o cloreto de sódio, conforme descrito no item seguinte, aumentam a pureza da soda cáustica obtida na célula a diafragma e, ao mesmo tempo, eliminam a etapa de purificação para a remoção do cloro.

Vale acrescentar ainda que a operação das unidades de diafragma e de mercúrio existentes no Brasil é regulamentada pela Lei Federal 9.976, de 3.7.2000, que especifica as normas de segurança que devem ser seguidas para o uso do amianto (principalmente o anfíbio), que é cancerígeno.

Características principais:

- emprega diafragma poroso à base de asbesto (amianto);
- o segundo processo em utilização no mundo;
- o processo exige concentração posterior da soda cáustica formada nas células;
- as matérias-primas precisam ser de alta pureza;
- os produtos das células são impuros;
- o custo de manutenção do diafragma é expressivo; e
- o asbesto é material agressivo à saúde e deve ser corretamente manipulado.

Células de Membrana

É o processo cuja tecnologia é a mais moderna e não poluente. Estima-se que cerca de 30% da produção mundial de cloro seja feita por meio desse processo.

Essa tecnologia é similar à empregada na célula de diafragma. O diafragma é substituído por uma membrana sintética seletiva que deixa passar íons de sódio, porém não permite a passagem de íons hidroxila e cloreto.

O hidróxido de sódio obtido é mais puro e mais concentrado do que o obtido pelo método da célula de diafragma e, como este, consome menos energia que o método da amálgama de mercúrio, mesmo que a concentração de hidróxido de sódio obtida seja menor, sendo necessário concentrá-lo. Por outro lado, o cloro obtido pelo método da amálgama de mercúrio é mais puro.

Características principais:

- emprega membrana semipermeável;

- processo moderno, de tecnologia recente e com poucas unidades instaladas no mundo;
- consumo de energia elétrica comparável ao das células de diafragma;
- qualidade dos produtos similar aos obtidos por células de mercúrio;
- concentração de soda cáustica menor que no processo de mercúrio;
- as matérias-primas precisam ser de alta pureza;
- o custo de reposição das membranas é alto;
- pelas informações até hoje disponíveis, o processo não é poluente.

O cloro também é obtido de outras formas, tais como: eletrólise da salmoura de cloreto de potássio em células de membrana ou mercúrio, com a coprodução de hidróxido de potássio; eletrólise de cloreto de sódio ou de magnésio fundido para produzir sódio ou magnésio metálico; eletrólise de ácido clorídrico; e outros processos não-eletrolíticos.

Nos últimos anos, houve uma tendência mundial para a extinção do processo de mercúrio na produção de soda-cloro, em face dos impactos ambientais produzidos pela utilização dessa substância na cadeia produtiva, como a inalação dos vapores de mercúrio metálico, que acarreta uma série de problemas de saúde.

O mercado de fornecimento de células de membrana tem como maior supridor a Du Pont, cujo produto “Nafion” possui um *market share* acima de 45%. Duas outras importantes empresas japonesas (Asahi Chemical e Asahi Glass) dividem o restante do mercado nacional. A Du Pont é líder e praticamente a única fornecedora, quando se considera a América do Sul como um todo.

Na indústria de soda-cloro, as pesquisas estão concentradas no desenvolvimento de processos que consumam menos energia.

Novas Tecnologias

Os eletrodos de difusão gasosa estão sendo estudados para dois objetivos diferentes: eletrólise de solução de ácido clorídrico e eletrólise de solução de cloreto de sódio.

Ambas usam o catodo despolarizado de oxigênio. Com a utilização deste catodo, as reações anódicas permanecem idênticas às dos processos tradicionais de eletrólise (diafragma para eletrólises de ácido clorídrico e membrana para eletrólises de cloreto de sódio), enquanto as reações catódicas são modificadas para posicioná-los em níveis termodinâmicos favoráveis. Os resultados são a baixa voltagem da célula e a redução no consumo de energia da ordem de 700 kWh por tonelada de cloro.

O desenvolvimento desta tecnologia está em estágio avançado e acredita-se que poderá entrar no mercado nos próximos anos.

Competitividade

A competitividade das plantas de soda-cloro depende da integração do seu processo produtivo até a obtenção do PVC. As plantas não-integradas são muito mais vulneráveis aos ciclos de comportamento de preços da indústria de soda-cloro, que têm apresentado significativas oscilações.

A escala de produção, a disponibilidade e o preço das matérias-primas básicas (sal, energia elétrica e água) são fundamentais para a garantia de retorno do investimento em uma planta de soda-cloro. Atualmente, a escala mínima de produção para esta indústria situa-se entre 400 e 500 mil t/ano. Para 500 mil t/a, isso equivale a 235.849 t/a de cloro e a 264.151 t/a de soda cáustica.

Estudos de mercado indicam que somente valores de ECU superiores a US\$ 350 por tonelada permitem a viabilidade econômica para a implantação de uma planta de soda-cloro, tendo em vista o elevado investimento de implantação (cerca de US\$ 1 mil por tonelada) e a alta volatilidade dos preços do cloro e da soda.

No Brasil, o sal marinho ou o sal-gema utilizado pela indústria é proveniente das reservas localizadas na Região Nordeste. O Porto de Areia, no estado do Rio Grande do Norte, é o principal ponto de escoamento do sal para as indústrias localizadas na Região Sudeste.

O transporte da matéria-prima até as unidades industriais de soda-cloro é realizado principalmente pela navegação de cabotagem, cuja grande vantagem é o custo do frete (cerca de 10%

menor do que o rodoviário). Porém, esse meio de transporte vem enfrentando sérias dificuldades, principalmente pela deficiência da infraestrutura portuária brasileira, em especial a limitação de calado dos barcos e navios nos portos, aliada ao fato de o preço do combustível utilizado para a navegação de cabotagem ser cerca de 17% mais caro do que o destinado à navegação de longo curso (exportação), em razão da incidência do PIS e da Cofins. Apesar de a legislação brasileira para o transporte aquaviário prever a equiparação de preços dos combustíveis, por meio da não-incidência de impostos também sobre o combustível da cabotagem, isto não acontece na prática. Cabe destacar, ainda, a concorrência que os fornecedores nacionais de sal estão enfrentando com as importações do produto do Chile.

A indústria de soda-cloro é também fortemente intensiva em eletricidade: quase 50% do custo total de produção é representado pela energia elétrica.

Nos últimos anos, o custo da energia elétrica vem sofrendo aumentos consideráveis, fazendo com que a indústria brasileira de soda-cloro enfrente dificuldades com a sua margem de lucro. Em 2007, o Brasil apresentou o maior custo comparativo de energia elétrica do mundo (tarifa média de US\$ 0,22/kWh para a indústria), conforme pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1

Comparação das Tarifas Internacionais de Eletricidade

PAÍS	TARIFA MÉDIA 2007 (Em US\$/kWh)	PAÍS	TARIFA MÉDIA 2007 (Em US\$/kWh)
Brasil (Conta de Luz)*	0,25	Nova Zelândia	0,1
Itália	0,24	Finlândia	0,1
Brasil sem impostos**	0,18	México+	0,09
Dinamarca	0,18	França	0,09
Reino Unido	0,17	Noruega	0,08
Portugal	0,16	Estados Unidos	0,08
Brasil (Aneel)***	0,15	Austrália	0,08
Japão	0,15	Coreia do Sul+	0,07
Alemanha	0,14	Canadá	0,06
Espanha	0,12	Holanda+	0,04
Turquia	0,11	África do Sul	0,04
Suíça	0,1	Índia+	—
Média Geral			0,12

Fonte: *International Energy Agency, KeyWord (2007)*.

* Média aritmética do valor cobrado nas contas de luz das maiores distribuidoras dos maiores estados consumidores: SP, MG e RJ (respondem por mais de 60% do consumo nacional). A Aneel não disponibiliza o valor cobrado pelas distribuidoras, somente as médias e valores líquidos de certos impostos.

** Tarifa líquida dos impostos indiretos (ICMS até 25% e PIS/Cofins, 5,5%) e os encargos setoriais de 10,83% (total de 41,35%).

*** Valor divulgado pela Aneel para o Sudeste.

+ Energy Information Administration, US Department of Energy, 2004/2005.

Atualmente, esses fatores afetam negativa e acentuadamente a competitividade da indústria nacional, criando espaço para a entrada do produto importado, especialmente dos Estados Unidos.

Máquinas e Equipamentos

A maior parte das máquinas e equipamentos utilizados na indústria de soda-cloro são produzidos no país, à exceção das cubas ou células de mercúrio, de diafragma e de membrana, utilizadas na eletrólise da salmoura.

Os principais equipamentos e materiais utilizados em uma planta de soda-cloro são os seguintes:

- células (mercúrio, diafragma, ou membrana) utilizadas no processo de eletrólise;
- tanques;
- reatores;
- filtros;
- evaporadores;
- lavadores de gás;
- torres de secagem;
- eliminadores de névoas;
- tubulações; e
- válvulas.

Aspectos Ambientais

Soda-cloro

As principais substâncias tóxicas associadas à indústria de soda-cloro são o mercúrio e os organoclorados:

Mercúrio – A presença do mercúrio no meio ambiente é prejudicial em qualquer quantidade, já que metal não desempenha funções nutricionais ou bioquímicas em micro-organismos, plantas ou animais. O mercúrio afeta os rins, causa tremores, vertigens, irritabilidade e depressão, associados a salivação, estomatite e diarreia, além de descoordenação motora progressiva, perda de visão

e audição e deterioração mental. A intoxicação aguda pelo metal acaba levando à morte.

Organoclorados – Os organoclorados são substâncias tóxicas formadas por compostos químicos orgânicos ligados às moléculas de cloro. Entre os organoclorados encontrados destacam-se os hexaclorobutadienos, pentaclorobutadienos, tetraclorobutadienos e o tetracloroeteno, além de dioxinas e furanos. Essas substâncias são derivadas de diversos processos industriais: da produção de PVC, de papel e celulose, da geração e composição de produtos agrícolas, da incineração de lixo doméstico, industrial e hospitalar e de todos os processos industriais que empregam cloro e derivados do petróleo.

Desde o primeiro impacto ambiental de repercussão mundial que expôs o risco eminente, ocorrido em maio de 1956, na Baía de Minamata, no sudoeste do Japão, governos de vários países (principalmente do Japão) tomaram medidas para regulamentação do mercúrio no ambiente. Essas medidas, a partir da década de 1980, contribuíram para a substituição das células de mercúrio por outras, como diafragma e membrana. No entanto, tal contaminação ocorrida na baía de Minamata não foi proveniente da indústria de soda-cloro, e sim de uma planta da Chisso Corporation, que obtinha o metilmercúrio como subproduto na síntese do acetaldeído.

Tabela 2

Distribuição das Indústrias de Soda-Cloro no Brasil por Tecnologia em 2007

EMPRESA	ESTADO	TECNOLOGIA	ANO DE IMPLANTAÇÃO	CAPACIDADE DE PRODUÇÃO CLORO (t/a)	CAPACIDADE DE PRODUÇÃO SODA (t/a)
Solvay	SP	Mercúrio/ Membrana*	1948	115.700	130.000
Igarassu	PE	Mercúrio	1963	27.900	31.400
Pan-Americana	RJ	Mercúrio/ Membrana	1951	27.800	27.800
Carbocloro	SP	Mercúrio/ Diafragma/ Membrana	1964	255.000	286.000
Braskem	BA e AL	Mercúrio/ Diafragma	1975	474.400	533.000
Dow	BA	Diafragma	1977	415.000	415.000
Canexus	ES	Membrana	1979	47.700	53.600

Fonte: Zavariz (2004).

* Expansão da capacidade de produção utilizando a tecnologia de membrana (em final de implantação) e substituição, no futuro, das antigas células de mercúrio pelas células de membrana.

No Brasil, a repercursão desse caso ocasionou a criação, no Estado do Rio de Janeiro, da Lei 2436/95, de 20 de setembro de 1995, que proíbe a implantação/expansão de indústrias de soda-cloro com células de mercúrio e de diafragma de amianto.

Em 3 de julho de 2000, foi sancionada a Lei Federal 9.976, que regulamentou, em âmbito nacional, a proibição da implantação/expansão de indústrias de soda-cloro com células de mercúrio e de diafragma de amianto.

Atualmente, a indústria de soda-cloro no Brasil é responsável pela emissão de 25% de todo mercúrio para a atmosfera, logo atrás do garimpo de ouro (30%) [Lacerda et al. (2007)].

PVC

O PVC consome em torno de 40% de toda a produção mundial de cloro e é, portanto, o maior responsável pelo volume de organoclorados gerados.

A formação de subprodutos organoclorados inicia-se na produção do gás cloro. Os resíduos clorados perigosos são gerados na síntese do dicloreto de etileno (*ethylene dichloride* – EDC) e do monômero de cloreto de monovinila (*vinyl chloride monomer* – VCM), ambos precursores do PVC.

As misturas químicas produzidas nas sínteses de EDC e VCM incluem certos tipos de poluentes extremamente perigosos e bioacumulativos, como as dioxinas (dibenzo-p-dioxinas policloradas), os furanos (dibenzofuranos policlorados), os PCBs (policloretos bifenilos), o hexaclorobenzeno (BHC ou HCB) e o octacloroestireno (OCE ou OCS).

Resíduos tóxicos oriundos do EDC e do VCM também são criados e liberados para o meio ambiente nos seguintes eventos:

- incineração de produtos de PVC no lixo;
- reciclagem de produtos metálicos que contenham vinil; e
- combustão e queima acidental de PVC em incêndios de prédios residenciais, depósitos e lixões.

Em sua forma pura, o PVC é rígido e quebradiço. Para tornar os produtos de vinil flexíveis, como o material de forro, de pisos e de paredes, plastificantes são adicionados ao PVC (acima de 60% em

peso do produto final). Os plastificantes utilizados em vinil são compostos denominados ftalatos, acusados de oferecerem riscos à saúde e ao meio ambiente. Na construção civil, os ftalatos são agregados extensivamente ao PVC (em cerca de 90% dos produtos).

Para controlar a decomposição dos catalisadores de PVC, são adicionados estabilizantes metálicos à resina que se destina ao uso na construção civil e outras aplicações de longa vida. Os aditivos mais comuns utilizados para o PVC são o chumbo, o cádmio e o estanho, ou seja, metais pesados.

Esses estabilizadores metálicos podem ser liberados dos produtos de vinil quando são formulados, utilizados ou descartados. Como esses metais são tóxicos, devem ser monitorados e controlados os seus teores, bem como suas emissões para o meio ambiente

Mesmo na Europa, onde a reciclagem de PVC é mais avançada do que nos Estados Unidos, menos de 3% do PVC pós-consumido é reciclado. Consequentemente, não existe uma redução real na produção de PVC “virgem”. Estima-se que, em 2020, somente 9% de todo o lixo pós-consumo de PVC seja reciclado na Europa.

A empresa norte-americana Dow atua no mercado desde 1897. Líder mundial na produção de soda-cloro, com cerca de 6,3 milhões de t/a ao final de 2007, responde por 13% da capacidade mundial. A Dow possui clientes em cerca de 160 países, com 150 unidades industriais distribuídas em 35 países, empregando em torno de 46.000 funcionários. Em 2007, suas vendas giraram em torno de US\$ 54 bilhões.

A segunda maior produtora de soda-cloro no mundo é a Occidental Chemical Corporation (OxyChem). Com sede em Dallas, no Texas, a empresa tem instalações fabris nos Estados Unidos, no Canadá e na América Latina.

A empresa Olin Corporation foi incorporada em 1892 e, atualmente, é a terceira maior produtora no mercado norte-americano e a quinta maior do mundo.

No continente europeu, a empresa Dow lidera o mercado de cloro, com capacidade de produção de 1,8 milhão de toneladas, seguida das empresas Bayer e Solvay, com capacidade de produção de 1,3 milhão e 904 mil toneladas, respectivamente.

Cenário Mundial

Maiores Grupos e Empresas Atuantes no Mundo

Cenário Brasileiro

Maiores Grupos e Empresas Atuantes no Brasil

O mercado brasileiro de cloro é suprido, principalmente, por três grandes produtores que perfazem 84% da oferta total: Braskem, Dow e Carbocloro. Tendo em vista as dificuldades logísticas de transporte, o mercado é altamente segmentado por região.

A Braskem é líder no mercado nacional na produção de cloro e soda, com participação de 36,3% e 36,1%, respectivamente, no ano de 2007. A empresa tem o seu foco na produção de resinas termoplásticas, tais como polietileno, polipropileno, PVC e PET.

A empresa também é líder no mercado latino-americano de resinas termoplásticas desde a sua formação, em agosto de 2002, quando os grupos Odebrecht e Mariani integraram seus ativos petroquímicos à Copene Petroquímica do Nordeste S.A., antiga central de matérias-primas petroquímicas do Pólo de Camaçari, na Bahia.

As unidades industriais da Braskem produtoras de soda-cloro e PVC estão localizadas nos municípios de São Paulo (SP), Camaçari (BA) e Maceió (AL).

A Dow Brasil é a segunda maior produtora de cloro e soda no Brasil, com participação de 28,8% e 29,8%, respectivamente, no ano de 2007. As unidades produtoras de soda-cloro e PVC estão localizadas nos Municípios de Aratu (BA) e São Paulo (SP).

A Carbocloro é a terceira colocada, com participação de 20,4% de cloro e 21,1% de soda, em 2007. A empresa instalou-se no país em 1964, sendo uma *joint-venture* da Unipar – União de Indústrias Petroquímicas S.A. (grupo nacional privado com atuação nas áreas química e petroquímica), com a Occidental Chemical Corporation (OxyChem, maior fornecedor de soda-cloro dos Estados Unidos), cada qual com 50% da composição acionária. Possui uma unidade industrial no Município de Cubatão (SP). A empresa é voltada prioritariamente para o mercado doméstico, que concentra cerca de 94% das suas vendas. Supre aproximadamente 38% do mercado nacional de cloro líquido e 15% do mercado soda cáustica, além de deter cerca de 69% do mercado de ácido clorídrico e 53% do mercado nacional de hipoclorito de sódio. A sua planta é a única no mundo que possui as três tecnologias de produção de soda-cloro: mercúrio, diafragma e membrana.

A Solvay Indupa do Brasil S.A. ocupa o quarto lugar na produção de cloro. A empresa pertence ao Grupo Solvay, conglomerado internacional, com sede em Bruxelas, Bélgica e se localiza no Município de Santo André (SP).

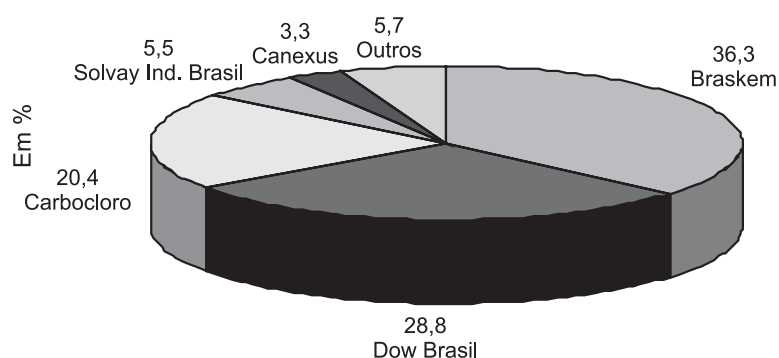
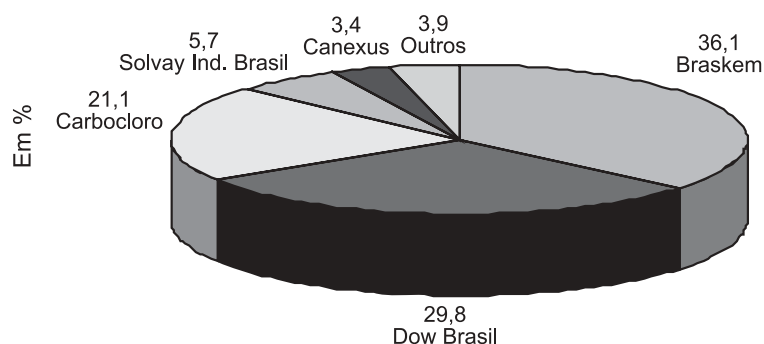
Os principais produtos e mercados da Solvay Indupa do Brasil S.A., tal como da Solvay Indupa S.A.I.C. (Argentina), são as resinas de PVC e a soda cáustica.

O complexo Solvay Indupa (Argentina e Brasil) é o segundo maior produtor de PVC do Mercosul. As duas plantas combinadas atingem, hoje, um volume de produção de 500 mil t/a de PVC e 280 mil t/a de soda cáustica.

O mercado da empresa é predominantemente doméstico, ocorrendo exportações marginais de PVC. A partir de 2010, o grupo passará a produzir eteno a partir do etanol para a fabricação de PVC, com um investimento de US\$ 500 milhões.

Figura 7

Participação das Principais Empresas na Produção de Cloro e Soda no Brasil em 2007



Fonte: Abiclor.

A empresa Canexus, ex-Nexen Química Brasil, é uma das unidades da multinacional canadense Canexus Ltd., instalada no

Município de Aracruz (ES). Atua na produção e na comercialização de clorato de sódio, soda cáustica, hipoclorito de sódio, cloro, ácido clorídrico e hidrogênio.

Voltada para o mercado de químicos no Brasil, a Canexus é uma das maiores fabricantes de clorato de sódio do país e uma das líderes da América do Sul, com capacidade de produção de 60 mil t/a.

A empresa Igarassu, localizada no município de Igarassu (PE), é uma das principais unidades do Grupo Produquímica, especializada na fabricação de produtos do complexo soda-cloro. Fabrica produtos como soda cáustica líquida, soda cáustica em escamas, cloro liquefeito, hipoclorito de sódio, ácido clorídrico e hidrogênio gasoso.

A Igarassu foi pioneira na produção do complexo soda-cloro no Brasil e permanece entre as principais indústrias do Nordeste, com capacidade anual de produção de soda cáustica líquida em torno de 32 mil t/a.

A Pan-Americana S.A. Indústrias Químicas é a única produtora de cloro e álcalis no Estado do Rio de Janeiro e líder absoluta dos mercados de potassa cáustica e carbonato de potássio na América Latina. Com sede no Município do Rio de Janeiro, mantém escritório comercial em São Paulo e representação comercial em Buenos Aires.

A maior unidade industrial da empresa, localizada no município do Rio de Janeiro, em Honório Gurgel, é totalmente dedicada à produção de cloro, álcalis e seus derivados, e sua capacidade instalada atende a demanda estadual.

Economia de Escala

Os investimentos na cadeia da indústria de soda-cloro são norteados pelo cloro. Isso motiva a carência de elevados investimentos no setor, uma vez que não adianta que o consumo da soda, produzida concomitantemente com o cloro, cresça todos os anos no Brasil e no mundo, como ocorre recentemente. É preciso ter colocação para o cloro para que os investimentos sejam feitos: são determinantes a atividade e produção dos maiores consumidores de cloro, como as cadeias do PVC e do poliuretano.

O processo eletrolítico de obtenção do cloro e do seu subproduto, soda cáustica, tem a eletricidade como insumo essencial para a reação de eletrólise da salmoura. Seu papel é indispensável e não há reação se não for enviada às células uma quantida-

de certa de energia elétrica (3,0-3,3 MWh por tonelada produzida de cloro). Como já dito anteriormente, a eletricidade responde por quase 50% do custo total de produção, o que corresponde a 28% da receita de uma indústria de soda-cloro.

É certo que a indústria química de hoje, incluindo o setor de soda-cloro, é caracterizada por preços flutuantes, variabilidade de processos e marcos regulatórios industriais estritos. De modo geral e, particularmente, no caso do setor de soda-cloro, as empresas vêm tentando equilibrar a necessária economia de escala com as demandas dos seus clientes. Há crescente necessidade de se manter o foco na quantidade exata que o cliente consome normalmente, para se obter custos mínimos em desenvolvimento de produto, produção e transporte.

O *Relato Setorial do BNDES* nº 7, “Soda-Cloro”, de 1998, cita algumas relações apuradas como aproximação às economias de escala no setor. Contudo tais parâmetros estão hoje mais influenciados pelas modernas tecnologias desenvolvidas, pelas questões de logística na aquisição dos insumos e pelo preço da energia elétrica, que varia de região para região, inclusive no mundo.

A compilação de dados empíricos, conforme *Perry's Chemical Engineering Handbook*, livro de referência padrão de engenharia química, mostra que o custo de capital de uma planta é função da relação de sua capacidade de produção elevada a um expoente. Essa potência apresenta valores diferentes para diferentes tipos de planta e é quase sempre menor do que um. O expoente típico é 0,7, o que significa que o custo de uma planta aumenta 62,5% quando a capacidade produtiva é dobrada.

Ao levantar a curva de uma planta para fabricação de soda cáustica (NaOH), por exemplo, com base no sal (cloreto de sódio) e um certo capital fixo, o expoente de economia de escala fica em 0,55, o que significa que com a metade do citado capital disponível se poderia erguer uma planta com capacidade de produção de apenas 28,35% da primeira. Entretanto, seria necessário um aumento de 46,4% no capital para dobrar a produção e de 83% para triplicá-la.

O recente cenário otimista dessa indústria no Brasil, com aumentos previstos de 3,5% para a demanda de cloro e 10% para a de soda, em 2008, faz prever a implantação de novas unidades ou expansões das existentes no país, apesar do valor do investimento necessário para a instalação das fábricas, que se elevou em cerca de 30% a 40% nos últimos três anos.

Estima-se hoje que o custo do investimento necessário para implantar uma fábrica de soda-cloro é de US\$ 1 mil por tonelada produzida. Acresce citar que as novas plantas, para trazerem retorno financeiro compensador, precisam ter capacidade de produção elevada, suficientes para atender o mercado global. Modernamente, plantas com capacidades entre 400 mil e 500 mil toneladas anuais devem ser consideradas, tendo em conta a indústria e o mercado mundiais.

Mercado

Mercado Interno

Mercado Interno da Soda Cáustica

A empresa Braskem lidera o mercado nacional, com capacidade instalada de 533 mil toneladas, em 2007, representando 36,1% da produção nacional, seguida pela Dow Brasil, com participação de 29,8%, e a Carbocloro, com 21,1%.

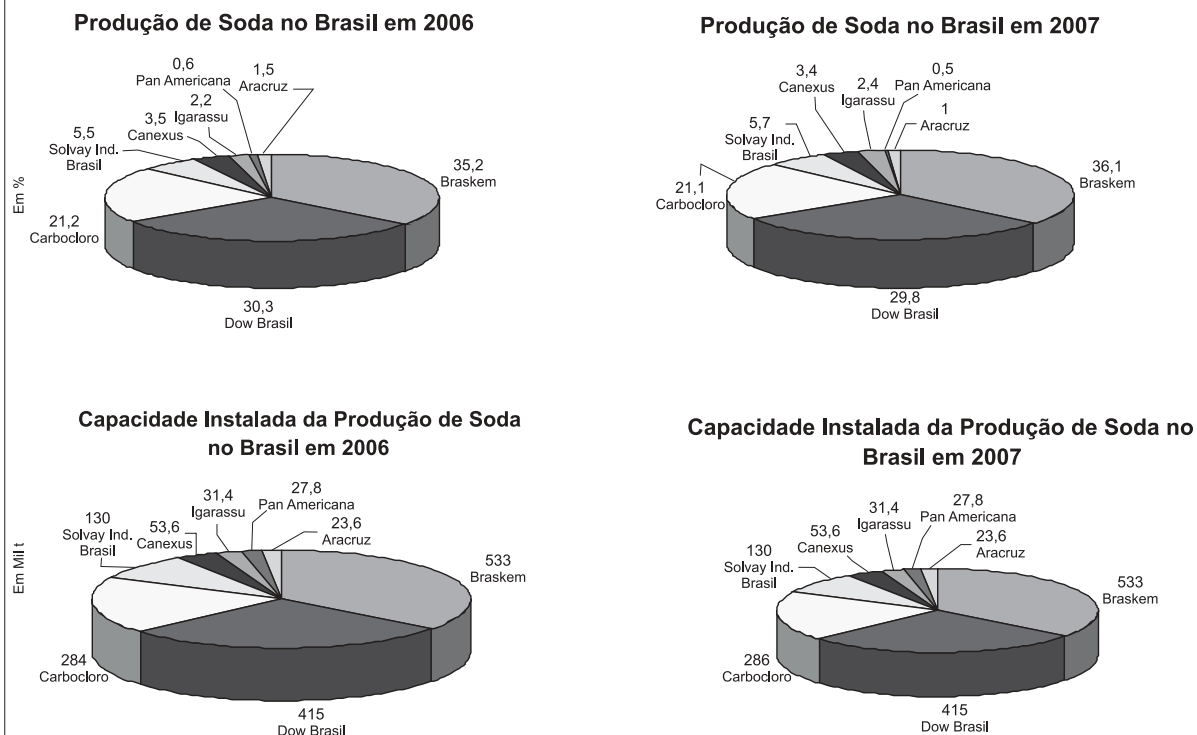
A produção de soda cáustica obteve um leve aumento na produção de 0,8%, em 2007, para 1,3 milhão de toneladas, conforme dados da Abiclor. Nas vendas totais de soda cáustica, houve um aumento de 5,7% em relação ao ano de 2006. Destacam-se, também, o aumento de 5,5% nas vendas internas e o aumento significativo de 10,5% nas vendas externas.

Em face da alta da demanda interna por soda, no ano 2007, o mercado brasileiro aumentou a importação em 18,3% em relação a 2006.

A maior parte da produção de soda cáustica é consumida pelo segmento de papel e celulose, com 22,7%, seguida pela produção de químicos/petroquímicos, com 22,6%, e pela metalurgia, com 15,6%. O setor de minerais não metálicos responde por 0,4% da demanda total.

Figura 8

Participação da Produção e da Capacidade Instalada de Soda Cáustica nos Anos de 2006 e 2007 no Brasil



Fonte: Abiclor.

Tabela 3

Indicadores do Mercado Interno de Soda Cáustica no Brasil

INDICADORES	2006	2007	2006/2005 (%)	2007/2006 (%)
Produção (Soda Líquida – Base Seca)	1.325,20	1.335,90	-1,2	0,8
Uso Cativo	178,2	164,3	-15	-7,8
Vendas Totais	1.105,70	1.168,60	-4	5,7
Internas	1.067,20	1.126,10	-3	5,5
Externas	38,5	42,5	-23,8	10,5
Importação ¹	677,5	801,6	28,9	18,3
Consumo Aparente ²	1.964,30	2.095,10	8,2	6,7

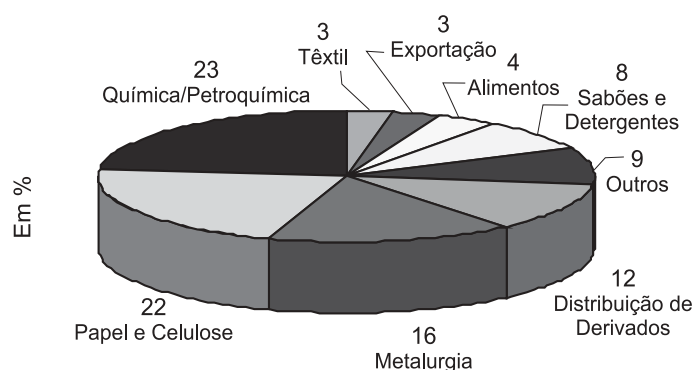
Fonte: Abiclor.

¹ Secex/Decex – Inclui as importações realizadas pelos produtos.

² Não considera estoques.

Figura 9

Distribuição do Consumo de Soda Cáustica em 2007



Fonte: Abiclor.

Mercado Interno de Cloro

No ano de 2007, a empresa Braskem liderava o mercado nacional, com capacidade instalada de 474,4 mil toneladas de cloro, representando 36,3% da produção nacional, seguida pela Dow Brasil, com participação de 28,8%, e pela Carbocloro, com 20,4%.

A produção brasileira de cloro subiu 0,5%, em 2007, para 1,2 milhão de toneladas (expansão da Carbocloro), em relação ao ano de 2006. As importações tiveram um aumento de 34,9%, em relação ao ano de 2006.

Tabela 4

Indicadores do Mercado Interno de Cloro no Brasil

(Em Mil t)

INDICADORES	2006	2007	2006/2005 (%)	2007/2006 (%)
Produção	1.223,0	1.229,5	(0,3)	0,5
Uso Cativo	1.027,9	1.048,0	0,5	2,0
Vendas Totais	189,5	183,1	(7,7)	(3,4)
Importação ¹	3,9	5,3	14,1	34,9
Capacidade Instalada	1.382,3	1.384,5	-	0,2
Nível de Utilização da Capacidade (%)	88,5	88,8	(0,3)	0,4
Consumo Aparente ²	1.226,9	1.234,8	(0,3)	0,6

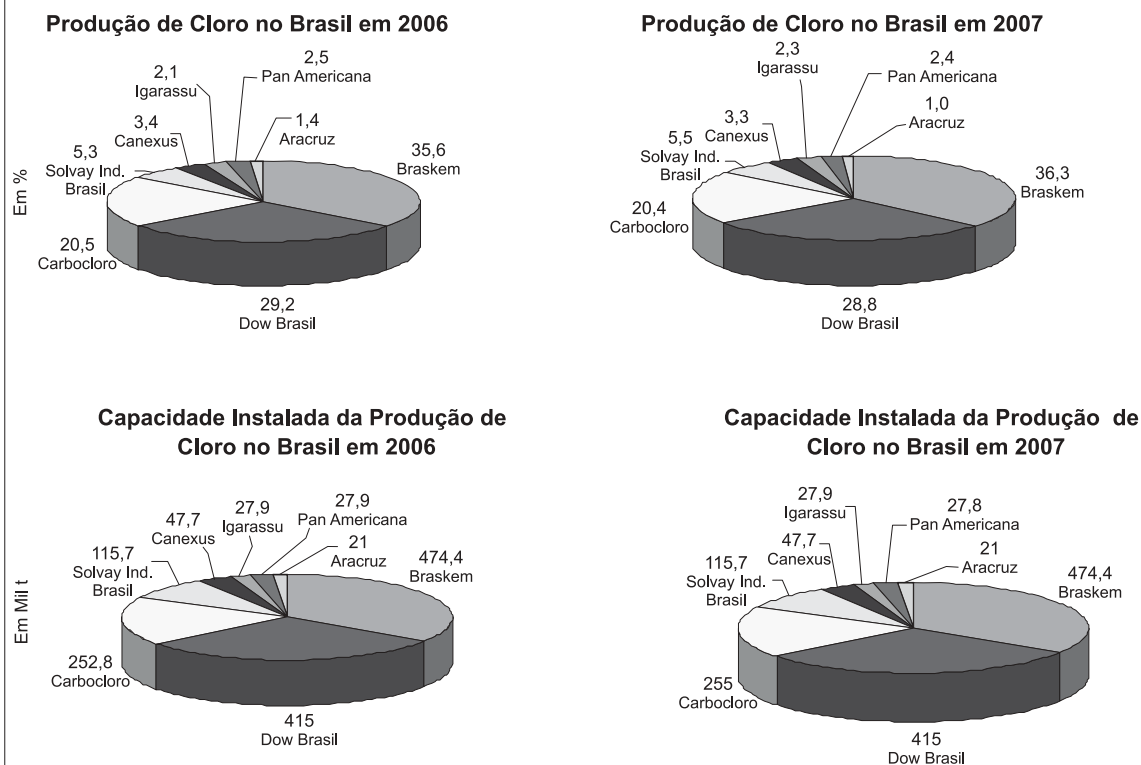
Fonte: Abiclor.

¹ Secex/Decex – Inclui as importações realizadas pelos produtores.

² Não considera estoques.

Figura 10

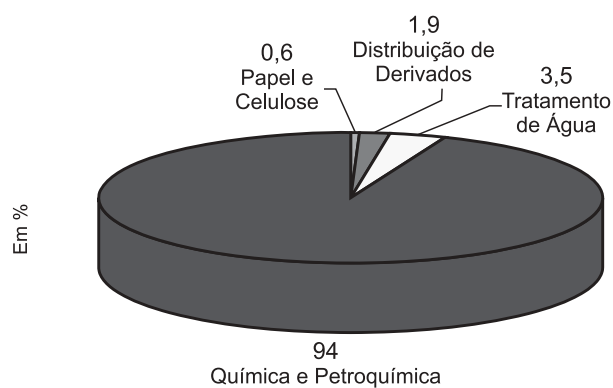
Participação da Produção e da Capacidade Instalada de Cloro nos Anos de 2006 e 2007 no Brasil



Fonte: Abiclor.

Figura 11

Consumo por Segmento da Produção Nacional de Cloro em 2007



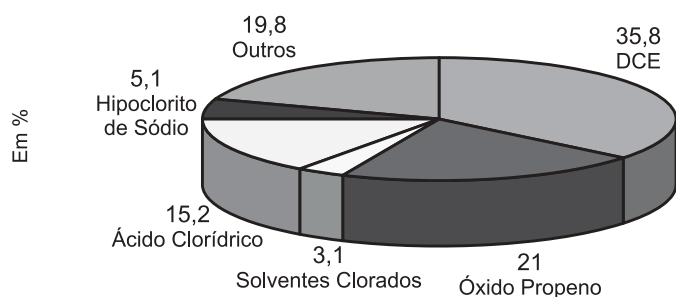
Fonte: Abiclor.

Na produção de cloro, o maior demandante é o segmento de química e petroquímica, com 94%, seguido pelo segmento de tratamento de água, com 3,4%, distribuição de derivados, com 1,9%, e papel e celulose, com 0,6%.

O segmento de química e petroquímica destina 35,8% do seu consumo de cloro para a produção de DCE, insumo importante na produção de PVC.

Figura 12

Participação dos Produtos Químicos/Petroquímicos no Consumo Nacional de Cloro em 2007



Fonte: Abiclor.

Mercado Externo

Mercado Externo de Soda

Oferta

A capacidade de produção de soda no mundo, em 2007, foi de 56,9 milhões de toneladas. A distribuição geográfica da produção mundial pode ser vista na Figura 13.

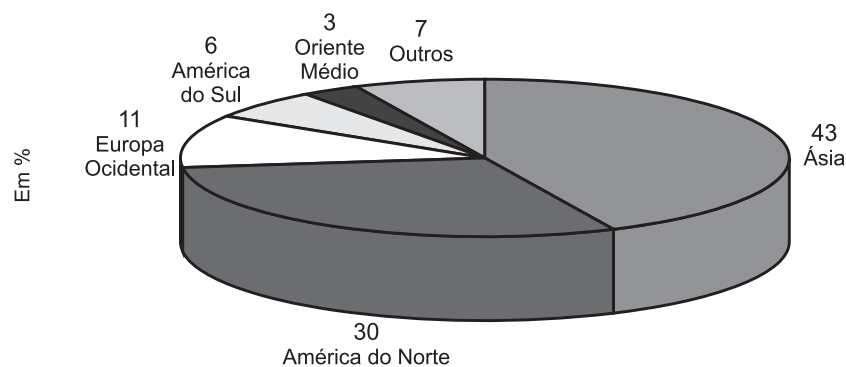
A China vem aumentando a sua capacidade de produção de soda em face da crescente demanda do seu mercado interno, que foi de 16 milhões de toneladas em 2007, enquanto sua capacidade de produção era de 18,8 milhões t/a.

Ao mesmo tempo, houve uma considerável diminuição da capacidade produtiva na América do Norte e no Oriente Médio. No primeiro caso, o aumento da reciclagem de HCl (ácido clorídrico) formado no processo operacional, levou a uma considerável diminuição da produção de soda cáustica na América do Norte. Houve o cancelamento de cerca de 13% (2.152 mil t/a) da produção no período 2000–2007, com fechamento de plantas de soda-cloro.

No Oriente Médio, a diminuição de produção foi de 1.422 mil t/a, ocasionada pelo remanejamento do etileno, antes destinado à produção de PVC, para a fabricação de polietileno e etileno glicol, porque estes derivados possuem margens históricas maiores do

que as do PVC. Como o cloro e a soda são produzidos simultaneamente, a menor demanda do cloro resultou na queda da produção de soda. Os dez maiores produtores mundiais de soda no mundo em 2006 estão destacados na Tabela 5.

Figura 13
Distribuição da Produção Mundial de Soda em 2007



Fonte: CMAI

Tabela 5
Maiores Produtores Mundiais de Soda em 2006

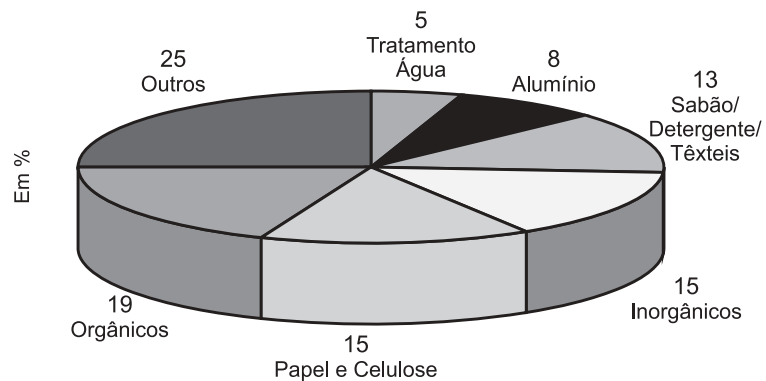
EMPRESAS	PRODUÇÃO (Em Milhões de Toneladas)	PARTICIPAÇÃO EM 2006 (Em %)
Dow	6,5	11
OxyChem	3,6	6
Solvay/SolVin	2,1	4
FPC	2	4
PPG	1,6	3
Bayer	1,5	3
Asahi Glass	1,1	2
Olin	1,1	2
Tosoh	1	2
Akzo Nobel	1	2
Outros	35,4	61

Fonte: Harriman Chemsult Ltd.

Demanda

A demanda mundial de soda, em 2007, foi de 59 milhões de toneladas e sua distribuição setorial pode ser vista na Figura 14.

Figura 14
Distribuição Setorial da Demanda Mundial por Soda em 2007

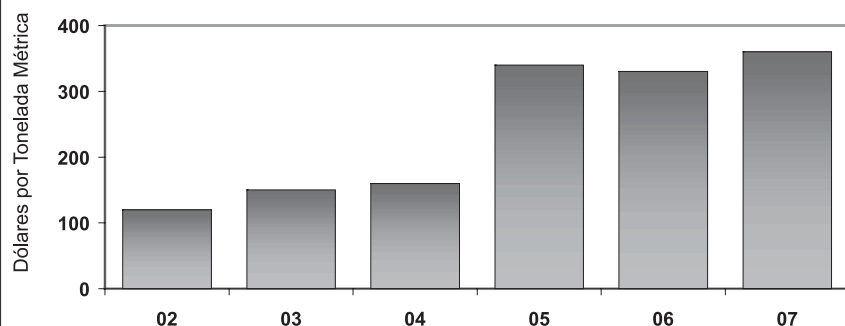


Fonte: CMAI.

O aumento da demanda mundial de soda é lastreado no crescimento do mercado interno chinês (15% a.a., no período 2002–2007), das indústrias de papel e celulose e de alumínio da América do Sul (aumento de 20% no período 2004-2007) e da indústria de alumínio da Austrália (aumento de 100% no período 2004–2007).

O consumo *per capita* de soda em 2007 foi de 27 kg na América do Norte e na Europa Ocidental. Na Figura 15, é mostrada a evolução do preço da soda no mercado americano:

Figura 15
Evolução do Preço da Soda no Mercado Norte-Americano (2002–2007)



Fonte: CMAI.

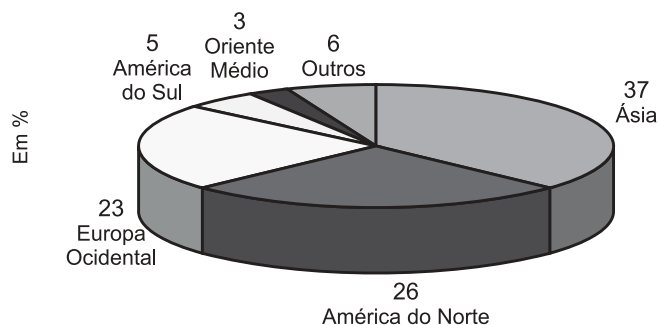
A capacidade de produção de cloro no mundo, em 2007, foi de 51 milhões de toneladas e sua distribuição geográfica pode ser vista na Figura 16.

Mercado Externo de Cloro

Oferta

Figura 16

Distribuição da Produção Mundial de Cloro em 2007



Fonte: CMAI.

A capacidade de produção de cloro da China acompanha a demanda do mercado interno, que cresceu cerca de 1,4 milhão t/a no período 1992–2002. Em 2007, a capacidade de produção da China era de 18,5 milhões t/a.

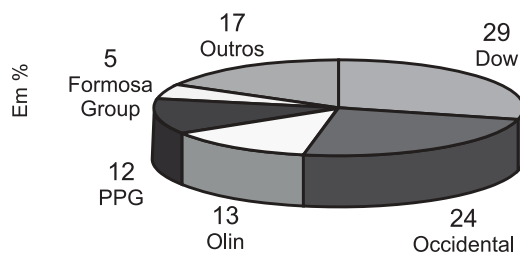
Ao mesmo tempo, houve uma diminuição considerável de capacidade na América do Norte, em cerca de 7% (800 mil t/a), no período de 2002–2007, ocasionada pela desativação de plantas ineficientes e de alto custo.

A consolidação da indústria norte-americana de cloro, iniciada no final da década de 1980, manteve-se em ritmo acelerado. Atualmente, cerca de 83% da capacidade instalada está concentrada nas mãos de 5 produtores: Dow: 29%; Occidental Chemical Corporation (OxyChem): 24%; Olin: 13%; PPG: 12%; Formosa Group: 5%.

A Dow é a maior produtora mundial, com cerca de 6,3 milhões t/a, sendo 4,2 milhões para o mercado do norte-americano e 2,1 milhões para a Europa Ocidental.

Na Europa Ocidental, a indústria de cloro apresenta-se mais fragmentada, com os cinco maiores produtores respondendo por 56% da capacidade instalada. Na China, a indústria é totalmente fragmentada.

Figura 17
Capacidade de Produção da Indústria Norte-Americana de Cloro

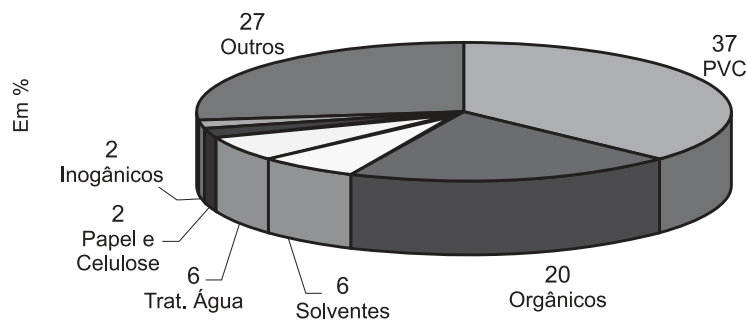


Fonte: CMAI.

Demanda

A demanda mundial de cloro no mundo, em 2007, foi de 55,1 milhões de toneladas e sua distribuição setorial pode ser vista na Figura 18.

Figura 18
Demanda Mundial de Cloro por Setor, em 2007



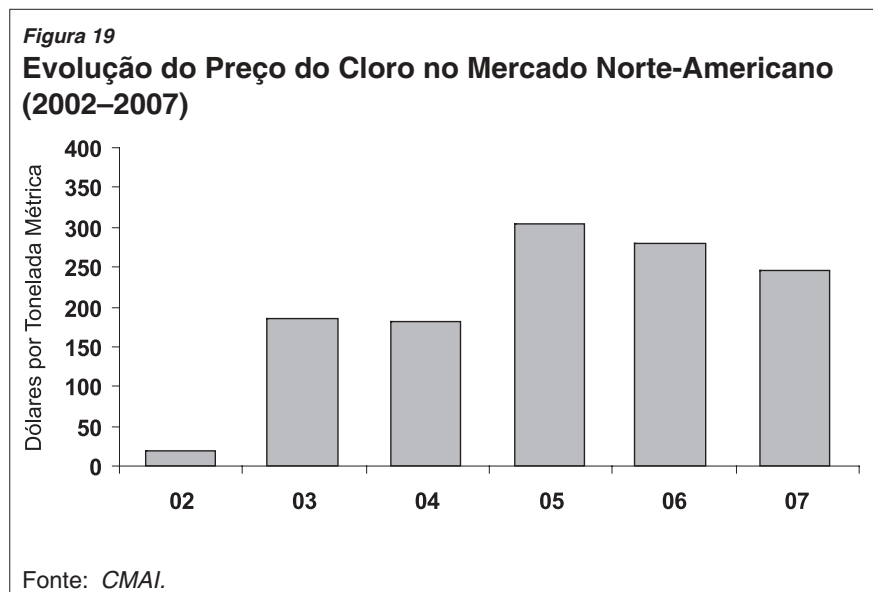
Fonte: CMAI.

A demanda mundial de cloro vem aumentando, especialmente nos países emergentes, com a crescente utilização do PVC na construção civil, alcançando cerca de 20 milhões t/a. A demanda da China pelo produto cresceu 15% a.a. no período 2002–2007, partindo de 4 milhões de toneladas, em 2002, para 7,5 milhões de toneladas, em 2007. Em 2007, a China respondeu por cerca de 27% do consumo global, ou seja, 15 milhões de toneladas.

Em 2012, o mercado mundial de cloro deverá alcançar 66,3 milhões t/a, com a China respondendo por cerca de 35% desta demanda (23 milhões t/a).

A China deverá suprir integralmente a sua demanda com plantas que entrarão em operação no biênio 2008-2009, tornando-se autossuficiente em cloro. Não estão previstas adições de capacidade de produção significativas para a Europa Ocidental e América do Norte.

O consumo *per capita* de cloro em 2007 foi de 28 kg na América do Norte, 25 kg na Europa Ocidental e 11,5 kg na China. Na Figura 19, mostrada a evolução do preço do cloro no mercado norte-americano:



A produção de soda cáustica é subdividida em hidróxido de sódio em estado sólido (escamas) e em solução aquosa (lixívia), geralmente a 50%. No período 2003–2008, o Brasil apresentou balança comercial deficitária.

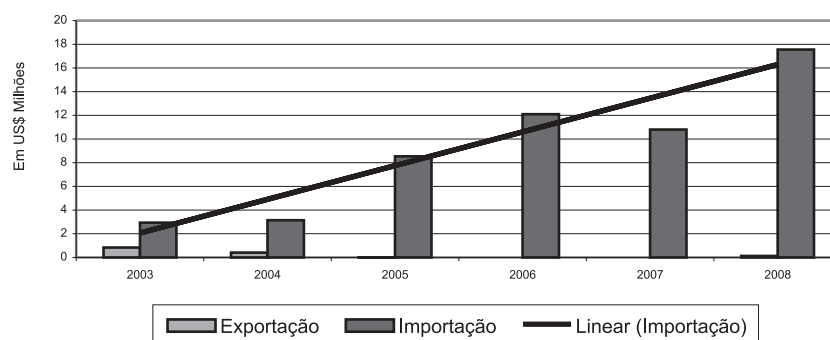
No período 2003–2008, o déficit de hidróxido de sódio em dólares (US\$) na balança comercial brasileira cresceu 497%. O mesmo ocorreu com a balança comercial do hidróxido de sódio em solução aquosa, cujo déficit aumentou em 274%, também em US\$. As Figuras 20 e 21 traduzem esses comportamentos, mostrando uma depressão da curva no ano de 2007.

Balança Comercial

Soda Cáustica

Figura 20

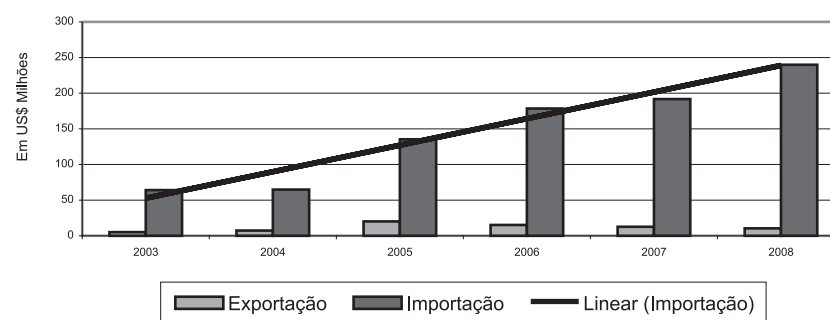
Balança Comercial de Hidróxido de Sódio em Estado Sólido (2003–2008)



Fonte: Alice/MDIC.

Figura 21

Balança Comercial de Hidróxido de Sódio em Solução Aquosa (2003–2008)



Fonte: Alice/MDIC.

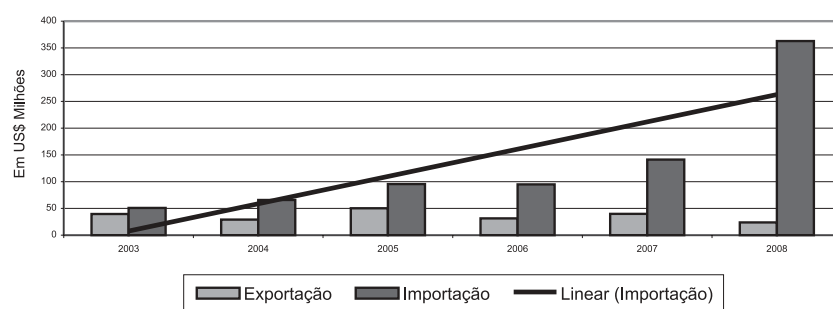
Policloreto de Vinila (PVC)

A balança comercial brasileira de PVC apresentou déficit no período 2003–2008. Em relação ao exercício 2008, pode-se constatar pelo gráfico da Figura 22 um salto nas importações de aproximadamente 157% (US\$) em relação a 2007, motivada pelo aquecimento das atividades da construção civil, proporcionado, em grande parte, pelas obras do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) do governo federal.

Além do PVC em forma pura, que corresponde à resina obtida pelos processos de emulsão e suspensão, há também o PVC não-plastificado (tubos e conexões) e o plastificado. Ambos apresentam déficits na balança comercial brasileira, conforme mostram os gráficos das Figuras 23 e 24.

Figura 22

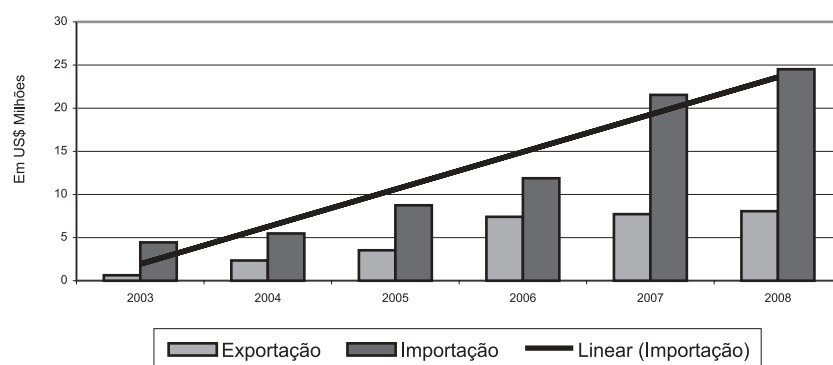
PVC em Forma Primária (2003–2008)



Fonte: Alice/MDIC.

Figura 23

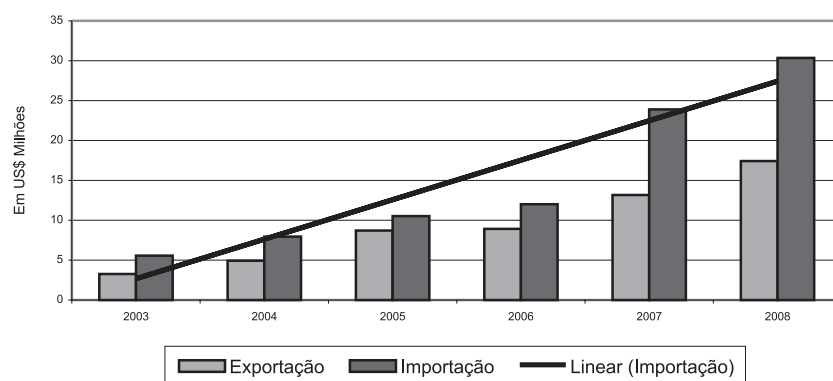
PVC em Forma Primária – Não-Plastificado (2003–2008)



Fonte: Alice/MDIC.

Figura 24

PVC em Forma Primária Plastificado (2003–2008)



Fonte: Alice/MDIC.

Considerações Finais e Perspectivas

Apesar dos reflexos da atual crise econômico-financeira que afeta quase todos os países e mercados globais, a expectativa otimista para a indústria mundial de soda-cloro, a partir de 2010, é de aumento da demanda, já que o consumo de PVC cresce historicamente, no mínimo a 1,5 x PIB, e deve-se levar em conta, além disso e ao mesmo tempo, sua recente maior utilização, especialmente na construção civil.

Esse cenário, contudo, pode ser não se realizar exatamente assim. Existe o risco de que o agravamento da atual crise econômica mundial afete negativamente a produção de toda indústria de soda-cloro e altere até os índices mais otimistas previstos pouco antes da deflagração da crise.

Estimativas apontam um crescimento de 18% para o mercado mundial de cloro até o ano de 2012, alcançando cerca de 66,3 milhões de t/a, com a China respondendo por cerca de 35% desse total. O consumo *per capita* de cloro na China deverá alcançar o patamar de 17 kg, em 2012 (atualmente encontra-se em 13 kg).

No segmento de PVC, espera-se um crescimento do mercado mundial de 20% até 2012, alcançando 49 milhões de t/a. A China deverá responder por cerca de 53% do mercado mundial de PVC, em 2012.

Para o mercado de soda, as projeções indicam um aumento da demanda mundial de cerca de 2,3 milhões de toneladas por ano até 2012, para atender o crescimento das indústrias de papel e celulose (América Latina), alumínio (América do Sul e sul da Ásia), e o forte crescimento do mercado chinês.

No Brasil, as medidas tomadas pelo Governo Federal para fomentar a construção civil e a criação do PAC, com investimentos na área de infraestrutura, já repercutiram no aumento da demanda de PVC.

A produção de cloro no terceiro trimestre de 2008 cresceu 1,6% em comparação com o trimestre anterior, segundo a Abiclor, chegando a 313.987 toneladas.

Também segundo a Abiclor, a produção de soda cáustica no terceiro trimestre de 2008 foi 2,1% maior do que no trimestre anterior, resultado de um recorde de produção em agosto de 2008, que alcançou 342.114 toneladas. As importações de soda, principalmente de setores como papel e celulose e alumínio, já haviam atingido o volume de 703,3 mil toneladas em 2008 (janeiro a setem-

bro). No terceiro trimestre, o crescimento das importações foi de 1,3% em relação ao trimestre anterior.

Em 2009, a produção de água sanitária aumentará também a demanda por cloro, pois passará a fabricar o produto com maior concentração de cloro, entre 3,9 a 5,6%, antes produzido somente com 2 e 2,5% de cloro.

Projeções do Instituto do PVC e da Abiquim apontavam um crescimento no consumo de PVC para 2008 de 34%, em relação ao ano de 2007, saltando de 820 mil toneladas, em 2007, para 1.096 mil toneladas, em 2008.

Para o futuro, além das obras do PAC, a Copa Mundial de Futebol, em 2014, deverá mobilizar recursos expressivos em obras de infraestrutura nas cidades brasileiras que sediarão os jogos, tais como: hotéis, reformas em estádios, aeroportos, equipamentos e transportes públicos, incrementando o uso do PVC e o consumo de cloro.

Além disso, o PVC já ganha maior espaço em aplicações como embalagens, *blisters* para medicamentos, calçados, mangueiras e chapas para comunicação visual. A utilização do PVC na medicina também vem crescendo, sendo utilizado na confecção de bolsas para sangue, soro e glicose, catéteres cardiovasculares, sondas, tubos endotraqueais, entre outros.

Novos usos para o PVC na construção civil, como esquadrias de janelas e revestimentos (laminados) para portas e móveis, devem aumentar nos próximos anos, seguindo a tendência já observada nos Estados Unidos e na Europa. Uma das maiores apostas para o uso do PVC no Brasil é em sistemas construtivos¹ para imóveis de média e baixa renda. Batizado de ConcretoPVC e com tecnologia canadense, o sistema está sendo introduzido no Brasil através de uma parceria entre a Braskem, a Plásticos Vipal S.A. e a Royal do Brasil Technologies S.A. O sistema é composto de perfis leves e modulares de PVC, de simples encaixe, preenchidos com concreto e aço estrutural, dispensando o acabamento externo, uma vez que o perfil de PVC não exige pintura ou a colocação de azulejos.

ABIQUM — ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA QUÍMICA. *Anuário da Indústria Química Brasileira*, 2008.

ABICLOR — ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ÁLCALIS, CLORO E DERIVADOS. *Balanço Social*, 2005.

¹ Sistema construtivo é uma nova técnica para projetar e construir, de forma industrializada, vários tipos de edificação.

Referências

_____. *Anuário Estatístico*, 2007.

CMAI – CHEMICAL MARKETS ASSOCIATES, INC. CMAI 2008 – World Petrochemical Conference.

CORGOZINHO, Daniel do Valle. *Indústria de cloro-soda no Brasil*. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio. Disponível em: <http://www.chem.unep.ch/mercury/2001-gov-sub/sub66govat5.pdf>. Acesso em 13 de novembro de 2008.

DCI. “Custo de energia pressiona indústria”. Disponível em: http://www.portalpch.com.br/index.php?option=com_content&task=view&id=1692&Itemid=98. Acesso em: 22 de dezembro de 2008.

EURO CHLOR. *Chroline Industry Review 2007–2008*.

GRASSI, Eduardo Lourenço. *Estudo da incrustação em saturador de cloreto de sódio em unidade de produção de cloro-soda*. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2005 (Dissertação de Mestrado em Processos Industriais).

LACERDA, Luis Drude de et al. “Emissão de mercúrio para a atmosfera pela queima de gás natural no Brasil”. *Química Nova*, v. 30, n. 2, p. 366-369, 2007.

LADEVIQ, Andréia. “Transporte aquaviário corresponde a 13,6% da carga movimentada no país”. Intelog, 2008. Disponível em: <http://www.cgimoveis.com.br/logistica/transporte-aquaviario-corresponde-a-13-6-da-carga-movimentada-no-pais>. Acesso em: 2 de dezembro de 2008.

Lei 9.976, de 3 de julho de 2000. Disponível em: http://www.acpo.org.br/biblioteca/02_substancias_quimicas/mercurio/parecer_tecnico_lei_cloro.pdf. Acesso em: 7 de novembro de 2008.

LIMA, Pabhyanno Rodrigues. *Investigação da formação e efeitos do clorato sobre a reação de desprendimento de hidrogênio no processo de cloro-soda com tecnologia de diafragma*. Universidade Federal de Alagoas, 2006 (Dissertação de Mestrado em Química e Biotecnologia).

LOGWEB. “Especialistas analisam quadro atual da cabotagem brasileira”. Disponível em: http://www.newslog.com.br/site/default.asp?TroncoID=907492&SecaoID=508074&SubsecaoID=483908&Template=../artigosnoticias/user_exibir.asp&ID=162827&Titulo=Especialistas%20analisam%20quadro%20atual%20da%20cabotagem%20brasileira. Acesso em: 2 de dezembro de 2008.

QUÍMICA E DERIVADOS, nº 432. Disponível em: http://www.quimica.com.br/revista/qd432/cloro_soda1.htm. Acesso em: 7 de novembro de 2008.

QUÍMICA E DERIVADOS, nº 473. Disponível em: <<http://www.quimica.com.br/revista/qd473/actual/atualidades03.html>>. Acesso em: 25 de novembro de 2008.

SANTOS, José Erasmo da Silva. *Sal-gema*. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/assets/galeriaDocumento/SumarioMineral2008/salgema.pdf>>. Acesso em: 2 de dezembro de 2008.

SILVESTRE, Thiago. “Para Antaq, navegação de cabotagem é subutilizada, apesar de custo baixo”. Agência Brasil – Radiobrás, 2008. Disponível em: <<http://www.revistameioambiente.com.br/2008/04/29/para-antaq-navegacao-de-cabotagem-e-subutilizada-apesar-de-custo-baixo>>. Acesso em: 25 de novembro de 2008.

SISTEMA ALICEWEB. *Balança Comercial de 2003 a 2008*. Disponível em: <<http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br>>. Acesso em: 29 de dezembro de 2008.

THE ECONOMICS OF GOEBBELS. Disponível em: <<http://www.ts.co.nz/acl/goebbels.htm>>. Acesso em: 29 de dezembro de 2008.

WIKIANSWERS. Disponível em: <http://wiki.answers.com/Q/The_impact_of_chloralkali_industry_on_the_environment>. Acesso em: 2 de dezembro de 2008.

Wikipédia. Acesso em: 17 de dezembro de 2008.

ZAIDAN, Eduardo May. *Construção, o desafio do crescimento sustentado*. Fundação Getúlio Vargas, SindusConSP, 2008.

ZAIONCZ, Soraia. *Estudo do efeito de plastificação interna do PVC quimicamente modificado*. Universidade Federal do Paraná, 2004 (Dissertação de Mestrado em Química – Área de Concentração Química Orgânica).

ZAVARIZ, Cecília. *Contaminação por uso do mercúrio no Brasil*. Associação de Consciência à Prevenção Ocupacional, 2004.

Sites Consultados

ABICLOR – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ÁLCALIS, CLORO E DERIVADOS. Disponível em: <<http://www.abiclor.com.br/>>. Acesso em: 8 de dezembro de 2008.

ARACRUZ CELULOSE. Disponível em: <<http://www.aracruz.com.br/>>. Acesso em: 20 de novembro de 2008.

CANEXUS. Disponível em: <<http://www.canexus.ca/site/index.php>>. Acesso em: 12 de novembro de 2008.

BRASKEM S.A. Disponível em <<http://www.braskem.com.br>>. Acesso em: 2 de dezembro de 2008.

CARBOCLORO. Disponível em: <<http://www.carbocloro.com.br>>. Acesso em: 10 de novembro de 2008.

DOW. Disponível em <<http://www.dow.com>>. Acesso em: 10 de novembro de 2008.

INSTITUTO DO PVC. Disponível em: <<http://www.institutodopvc.org>>. Acesso em: 18 de dezembro de 2008.

LATIN CHEMICAL. Disponível em: <<http://www.latinchemical.com.br>>. Acesso em: 24 de novembro de 2008.

REDE PERMEAR. Disponível em: <<http://www.permear.org.br/2007/07/31/perigos-do-uso-do-pvc>>. Acesso em: 5 de novembro de 2008.

SOLVAY INDUPA. Disponível em: <<http://www.solvay.com>>. Acesso em: 12 de novembro de 2008.

DESAFIOS DA PETROQUÍMICA BRASILEIRA NO CENÁRIO GLOBAL

Valéria Delgado Bastos*

** Economista do Departamento de Indústria Química da Área de Insumos Básicos do BNDES.*

A autora agradece os comentários de Roberto Zurli Machado, Cynthia Moreira, Eduardo Fernandes e Gabriel Lourenço Gomes, respectivamente superintendente da Área de Insumos Básicos, chefe de departamento e gerentes do DEINQ. Erros e omissões eventualmente remanescentes são, entretanto, de responsabilidade da autora.

PETROQUÍMICA

Resumo

Enquanto no passado a liderança petroquímica mundial era determinada pelo estágio de desenvolvimento econômico dos países, a volatilidade de preços do petróleo e previsões de insuficiência de matérias-primas parecem imprimir mudanças profundas no cenário global e indicar uma nova racionalidade em que o dinamismo futuro da indústria estará atrelado ao acesso a mercados e ao controle da matéria-prima.

Além da tendência à ampliação do papel da Ásia, que hoje já responde pela maior parcela da produção mundial de petroquímicos básicos, as mudanças no cenário global passam pela emergência do Oriente Médio, em face dos expressivos investimentos pelas suas enormes vantagens de custo e disponibilidade de matéria-prima, paralelamente à transformação dos países desenvolvidos em importadores líquidos de produtos petroquímicos. Os novos investimentos envolvem ampliação expressiva do tamanho das plantas, por meio de parcerias inéditas entre tradicionais líderes químicas mundiais e empresas nacionais de petróleo e suas subsidiárias, impulsionando a inovação com foco na flexibilidade de matérias-primas em uma indústria que parecia ter alcançado sua maturidade tecnológica.

Este artigo objetiva analisar essas mudanças recentes da petroquímica mundial e suas implicações a médio prazo para a petroquímica latino-americana e, em particular, a brasileira, em vista de sua liderança regional, da consolidação recente de suas empresas e das perspectivas alvissareiras em termos de matérias-primas.

Enquanto a química derivada do carvão foi um subproduto da revolução industrial na Inglaterra e do restante do continente europeu nos séculos XVIII e XIX, a petroquímica é uma indústria com origem norte-americana, cuja história confunde-se com a própria história do petróleo/gás, a partir da emergência da automobilística, dos plásticos e do padrão de consumo hegemônico nos Estados Unidos. A petroquímica moderna surgiu em 1920, tendo sido decisiva para a emergência da nova indústria a introdução nas refinarias de processos de craqueamento, segundo estágio no refino do petróleo, que deram origem ao primeiro uso efetivo do eteno.

A Segunda Guerra Mundial consolidou o emprego de derivados do petróleo e a forte expansão da petroquímica até a década de 1970, quando o declínio da oferta e a escalada dos preços do petróleo impactaram diretamente a indústria, já abalada por sobrecapacidade, pela escassez de matéria-prima e pela recessão econômica. Nas duas décadas seguintes, teve início a ampla reestruturação que perdura até os dias atuais, com reposicionamento de empresas por meio de fusões e aquisições e menor diversificação de grandes produtores químicos.

Com efeito, a indústria petroquímica esteve afetada, de uma forma ou de outra, pela evolução da indústria do petróleo/gás, desde as mudanças geopolíticas com a constituição da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (Opep) e as duas crises do petróleo, que deslocaram o controle de preços e produção para os países produtores, resultando em progressiva diminuição da participação dos países desenvolvidos em termos de reservas (ainda que concomitantemente ao seu aumento da produção e consumo) e redução do papel das empresas petrolíferas privadas diante da expansão das empresas nacionais de petróleo. Estas empresas, essencialmente estatais, detêm mais de 90% das reservas mundiais de petróleo, uma participação que há trinta anos cabia às empresas internacionais privadas, e respondem por dois terços das descobertas recentes. O seu longo movimento de expansão impacta agora diretamente na petroquímica, pela constituição de subsidiárias e pela integração vertical desde o petróleo, a partir da instalação de unidades petroquímicas.

Atualmente, dois quintos da produção mundial de petroquímicos básicos pertencem à Ásia, seguida pela América do Norte e a Europa, tendência que deverá ser reforçada nos próximos anos com os expressivos investimentos, sobretudo na China, onde a crescente representatividade dos mercados tem estimulado a instalação de capacidade na região por empresas nacionais em parceria com líderes globais químicas ou do petróleo.

Investimentos petroquímicos ainda mais representativos estão sendo realizados no Oriente Médio, para produção de eteno e derivados com base no gás natural disponível e extremamente barato, além de unidades acessórias de propeno junto às refinarias, também por meio de parcerias entre grandes empresas químicas ou petrolíferas mundiais e empresas de petróleo do Oriente Médio e suas subsidiárias.

Ao longo de todo o processo de desenvolvimento e consolidação da indústria petroquímica mundial, os países latino-americanos tiveram participação limitada, que hoje corresponde a meros 4% da produção mundial. No entanto, as mudanças internacionais em curso abrem espaço para o desenvolvimento da petroquímica latino-americana, que conta com reservas importantes de matérias-primas e experiência de produção em alguns países.

No caso brasileiro, o porte reduzido das empresas e a disponibilidade de matérias-primas eram os principais limitadores da expansão petroquímica. Esses obstáculos vêm sendo enfrentados por meio de processos de reestruturação e consolidação empresarial e o equacionamento de matérias-primas vinha sendo buscado em fontes alternativas, fósseis ou renováveis, até o anúncio pela Petrobras, em 2008, de novos investimentos em refino e das perspectivas auspiciosas com a descoberta das enormes reservas de petróleo/gás do pré-sal.

Este artigo busca analisar as mudanças recentes da petroquímica mundial e suas implicações a médio prazo para a petroquímica brasileira e latino-americana. O texto está organizado em quatro seções, além desta introdução e das considerações finais. Na segunda seção, comenta-se a evolução da indústria petroquímica paralelamente à trajetória do petróleo e do gás natural. Na seção seguinte, são apresentadas as principais características técnicas do refino do petróleo e do processamento de gás natural para produção de matérias-primas petroquímicas, além das principais questões tecnológicas, especificamente dos petroquímicos básicos. Na quarta seção, são comentados o cenário mundial, investimentos em implantação de novas unidades e seus impactos na oferta global. Na quinta seção, são analisados os riscos e oportunidades abertas para a petroquímica brasileira em virtude das perspectivas mundiais.

Assimetrias no Desenvolvimento do Petróleo e da Petroquímica

As indústrias de petróleo/gás e petroquímica caracterizaram-se por grandes assimetrias: quem detinha as maiores reservas de petróleo/gás não era necessariamente quem mais produzia, quem mais consumia e, principalmente, quem detinha a liderança na capacidade de refino e na produção petroquímica. Por razões

decorrentes do grau de desenvolvimento econômico, a correlação se dava em termos de consumo, capacidade de refino e produção petroquímica, não do controle das reservas.

A indústria do petróleo, tal como é hoje conhecida, surgiu nos Estados Unidos em meados do século XIX, com a primeira refinaria construída pela Standard Oil Company. Os poços de petróleo mais antigos do mundo estão localizados na América do Norte e no Mar do Norte, mas o avanço da indústria petrolífera norte-americana e de outros países desenvolvidos rapidamente alcançou países menos desenvolvidos, que detinham importantes reservas, pela ação da transnacionalização de suas empresas, as conhecidas “sete irmãs”, que, apesar das fusões e mudanças de denominação, sobrevivem até hoje. A primeira descoberta importante de petróleo no Oriente Médio, por exemplo, só ocorreu em 1908, no Irã; em 1927, no Iraque; e em 1938, na Arábia Saudita [Reisch (1998)].

Embora o primeiro produto químico fabricado com base no petróleo tenha sido o negro-de-fumo, em 1872, usado na produção de borracha sintética, a indústria petroquímica moderna surgiu efetivamente apenas na década de 1920, com vistas a aproveitar frações que sobravam do petróleo, com uma planta comercial de isopropanol da Standard Oil. Foi decisiva a introdução nas refinarias dos processos de craqueamento da Union Carbide, segundo estágio no refino do petróleo, que permitiram a produção de eteno, enquanto o propeno, o segundo mais importante petroquímico básico, foi originalmente subproduto do refino para produção de gasolina. Assim, os desenvolvimentos no processo de craqueamento de frações leves do petróleo levaram a melhorias na tecnologia de produção de combustíveis e avanços no desenvolvimento de derivados químicos [Reisch (1998)].

Embora a Primeira Guerra Mundial tenha imprimido dinamismo à indústria do petróleo, por meio do aumento do consumo de combustíveis fósseis e também pelo estímulo a produtos como benzeno e tolueno, foi nos anos 1920/1930 que a demanda crescente e a disponibilidade de petróleo e gás natural motivaram a expansão da indústria petroquímica, com participação ativa de empresas químicas norte-americanas. Na Segunda Guerra Mundial, volumes ainda mais expressivos de petróleo foram produzidos, empregados como combustíveis e produtos químicos de uso militar, como borracha sintética, tolueno e outros.

Após a guerra, plantas isoladas instaladas junto às refinarias começaram a dar lugar a parques de refino, que depois assumiram a forma de complexos petroquímicos em função de razões técnicas e econômicas. A integração empresarial só começou após as décadas de 1950 e 1960, pela necessidade de coordenação dos investimentos das duas gerações petroquímicas e do acesso a ma-

térias-primas, além da competição entre produtores [Coutinho (s/d) e Santos (2006)].

A crise do petróleo nos anos 1970, com declínio da oferta e escalada de preços, afetou diretamente a petroquímica, o que, somado à competição crescente, ao excesso de capacidade (decorrente da implantação de unidades europeias e japonesas) e à recessão econômica, levou à reestruturação dos produtores norte-americanos nos anos 1980. Estes reduziram seu leque de operações diversificadas, desfazendo-se de negócios na petroquímica e migrando para segmentos de maior lucratividade e vantagens competitivas, como especialidades químicas.

Nos anos seguintes, em que prevaleceram menores preços do petróleo e derivados, foram ainda mais amplas as mudanças na petroquímica, com a reestruturação dos produtores europeus e a emergência dos asiáticos no cenário global. As principais empresas passaram por fusões e aquisições visando fortalecer posições de mercado, ampliar economias de escala e reforçar capacitação tecnológica, o que resultou em concentração, aumento da escala e maior integração da cadeia petroquímica [Coutinho (s/d)].

No âmbito da indústria do petróleo/gás, mudanças geopolíticas levaram a conflitos e crises, desde a constituição da Opep, em 1960, às duas crises do petróleo na década de 1970, que forçaram os países produtores a assumir o controle de preços e produção, que antes cabia às empresas petrolíferas privadas. Além disso, ocorreu uma progressiva diminuição da participação dos países desenvolvidos nas reservas (concomitantemente ao aumento da sua produção e consumo de petróleo/gás) *vis-à-vis* os países em desenvolvimento, com redução do papel das empresas privadas diante da forte expansão das empresas nacionais de petróleo, essencialmente estatais. Há trinta anos, 95% das reservas de petróleo eram detidas por empresas privadas; atualmente, 93% delas são detidas por empresas estatais [Valor (2008)].¹

Embora empresas internacionais de petróleo, como ExxonMobil, BP e Shell, ainda sejam as maiores produtoras e detenham a maior capacidade de refino, auferindo as maiores receitas do setor (em torno de US\$ 300-350 bilhões anuais), são as empre-

¹ Hoje, os mercados mundiais de petróleo/gás são altamente concentrados, em termos regionais e empresariais. Mais da metade da produção mundial de petróleo cabe a sete países e, no caso do gás, a apenas quatro. Os países da Opep detêm 60% da produção e 75% das reservas totais de petróleo, com destaque para a Arábia Saudita (com 22% das reservas e 13% da produção mundial). Os Estados Unidos, segundo maior produtor mundial (8%), maior consumidor (24%) e com a maior capacidade de refino (20%), detêm participação cada vez menos importante nas reservas (em torno de 2%). No caso do gás natural, parcela expressiva das reservas (26,3%) e da produção mundial (21,4%) cabe à Rússia, com importantes reservas do Irã (16% do total mundial) e Qatar (14%) [BP (2007)].

sas nacionais de petróleo (como Saudi Aramco, cuja receita anual é de US\$ 200 bilhões, as chinesas Sinopec, CNPC e PetroChina, a venezuelana PDVSA, a mexicana Pemex, a iraniana NIOC e a russa Gazprom) que controlam atualmente a maioria das reservas mundiais e respondem por dois terços das recentes descobertas de petróleo [KPMG (2008)]. A mesma fonte constata que essas empresas já ocupam metade da lista das cem maiores empresas de petróleo do mundo divulgada anualmente pela *Energy Intelligence*.

O movimento de expansão dessas empresas nacionais de petróleo começa agora a ter reflexos mais diretos na petroquímica, por meio da constituição de empresas subsidiárias e da integração vertical pela implantação/expansão de capacidade em petroquímicos básicos e nas principais *commodities* (polietileno, polipropileno etc.), com vantagens de custo e ampla disponibilidade de matérias-primas, principalmente pelo uso do gás natural no Oriente Médio. Dados da consultoria SRI indicavam um custo do gás natural na região entre US\$ 0,70 e US\$ 1,70 o milhão de Btu, contra US\$ 7,25 nos Estados Unidos [Petro & Química (2007)].

O cenário atual da petroquímica mundial vem passando por uma nova onda de mudanças estruturais que envolvem a consolidação de novos (e importantes) atores, mas paralelamente à maior adaptabilidade e flexibilidade das empresas químicas líderes mundiais, que começaram a buscar parcerias internacionais e a constituição de *joint ventures* inéditas com os novos atores em meio ao deslocamento dos principais eixos produtor e consumidor – crescimento do Oriente Médio e Extremo (e, em menor escala, da América Latina), em detrimento dos países desenvolvidos (Estados Unidos e Europa Ocidental), que com a Ásia serão os prováveis importadores líquidos de petroquímicos [Abiquim (2007a)].

Esse deslocamento da oferta, determinado principalmente pelas restrições mundiais de matérias-primas e vantagens de custo e disponibilidade de petróleo/gás, tem levado a parcerias inéditas com *joint ventures* entre tradicionais *players*.

Um exemplo emblemático é o da empresa Dow Chemical, historicamente avessa a parcerias, que constituiu *joint-venture* com a Saudi Aramco, gigante mundial do petróleo, para construção de um megacomplexo petroquímico em Ras Tanura, na Arábia Saudita, além da parceria com a estatal kuwaitiana Petrochemical Industries Co., que, contudo, foi desfeita recentemente por iniciativa desta última. Emblemática, também, foi a aquisição da divisão de plásticos da GE pela Sabic, além da parceria da Saudi Aramco e Sumitomo. Independentemente do sucesso ou fracasso de uma ou outra dessas iniciativas, o movimento parece constituir uma tendência nova na petroquímica.

Do Petróleo à Petroquímica

Matérias-Primas

O petróleo, formado pela decomposição de matéria orgânica, é composto de hidrocarbonetos² e pequenas quantidades de átomos de enxofre, nitrogênio e oxigênio, além de impurezas na forma de compostos inorgânicos, cuja composição varia conforme os campos e poços, mas contém, *grosso modo*, os elementos apresentados na Tabela 1. Essas diferentes composições do petróleo em distintas regiões possibilitam produzir proporções variadas de derivados, cuja formação poderá ser feita de acordo com as faixas de destilação, como apresentado na Tabela 2.

Tabela 1
Componentes do Óleo Cru Típico

ELEMENTO	% EM PESO
Carbono	83.9 - 86,8
Hidrogênio	11.4 - 14.0
Nitrogênio	0.11 - 1.70
Oxigênio	0.50
Enxofre	0.06 - 9.0
Metais Fe, Ni, V etc.)	0,3

Fonte: *Horta Nogueira (2003)*.

Tabela 2
Faixas de Destilação do Petróleo

DERIVADO	FAIXAS DE DESTILAÇÃO	PRINCIPAIS APLICAÇÕES
GLP	C3 e C4	Intermediário na produção de petroquímicos, combustível industrial ou doméstico, aerossóis
Nafta ou Gasolina	C5 a C9-12 (140 - 220° C)	Petroquímica (nafta leve) Combustível (nafta média e pesada)
Querosene	C10 a C18 (150 - 300° C)	Abastecimento de aeronaves pesadas, iluminante.
Óleo Diesel	C10 a C21 (170 - 370° C)	Abastecimento de veículos pesados, instalações de aquecimento de pequeno porte
Gasóleo	250 - 550° C	Combustível na metalurgia, combustível industrial leve
Óleo Combustível	Produto de Fundo	Combustível industrial, combustível para navios, veículo para inseticida agrícola
Asfalto	Produto de Fundo	Pavimentação, impermeabilização, pinturas
Parafinas	Não saem na destilação	Fabricação de fósforos, aditivo na fabricação de pneumáticos e em curtumes, indústria de velas, papéis, vinhos, borrachas e certos produtos químicos
Vaselinas	Não saem na destilação	Produtos de beleza

Fonte: *Horta Nogueira (2003)*.

² Hidrocarbonetos, que podem ser gasosos, líquidos ou sólidos, são compostos químicos orgânicos constituídos de hidrogênio e principalmente carbono .

O petróleo cru não é utilizado diretamente, mas exige operações físicas e químicas realizadas nas refinarias destinadas a separar as frações desejadas que darão origem a produtos com usos e mercados específicos, desde combustíveis até matérias-primas petroquímicas, como a nafta. O gás natural gera também produtos empregados na petroquímica (etano, propano, butanos e o metano, que corresponde a mais de 90% da composição total) [Dantas Neto e Gurgel (s/d)].

Na operação de refino, empregam-se os processos de separação, de natureza física, destinados a desmembrar o petróleo em suas frações (tais como destilação atmosférica, destilação a vácuo e extração de aromáticos), e os processos de conversão, de natureza química, que objetivam modificar a composição molecular de uma fração com o intuito de valorizá-la economicamente (tais como craqueamento térmico, viscorredução, coqueamento retardado e processos catalíticos de síntese e rearranjo molecular, entre os quais craqueamento catalítico – FCC, hidrocrackeamento catalítico – HCC, hidrocrackeamento catalítico brando, alquilação catalítica e reforma catalítica). As reações de refinaria que têm maior importância para a produção química são o craqueamento³ – o *steam cracking*, ou craqueamento térmico (ou a vapor), e o *catalytic cracking*, ou craqueamento catalítico – e a reforma catalítica.

Os tipos de petróleo e suas frações são definidos pelo grau de densidade API (°API), do American Petroleum Institute.⁴ Quanto maior o valor °API, mais leve é o composto. Petróleos leves têm mais de 30° API (a nafta e a gasolina têm, por exemplo, 50° API e 60° API, respectivamente); os médios estão entre 21° e 30° API; e os pesados, abaixo de 21° API. O petróleo brasileiro é basicamente pesado. Isso não significa que não possua frações leves como a nafta, mas sim que existem em menor quantidade (cerca de 11%, enquanto o petróleo leve, com 35° API, produz mais nafta, cerca de 25%) [Horta Nogueira (2003)].

A indústria petroquímica corresponde à parte da indústria química que utiliza como matéria-prima a nafta ou o gás natural, hidrocarbonetos básicos extraídos do subsolo [SBRT (2007)]. Cabe notar, entretanto, que apenas 6% de todo o petróleo e do gás processados no mundo são usados pela indústria química – se considerado apenas o petróleo, só 10% é destinado à produção de nafta petroquímica [ChemSystems (2008a)].

³ Craqueamento é simplesmente o processo de quebra das moléculas pesadas em frações mais leves, de maior valor.

⁴ O grau de densidade API é dado por $^{\circ}\text{API} = \frac{145,5}{\text{densidade específica}} - 131,5$

A produção petroquímica inicia-se após o refino, última etapa da produção de petróleo, empregando a nafta⁵ ou os subprodutos obtidos das operações de craqueamento e da reforma catalítica, ou é ainda proveniente do processamento do gás natural (etano e propano). No caso do gás associado, é possível obter metano, etano, propano e butano, que são matérias-primas petroquímicas. Pode ainda empregar o condensado, um tipo de petróleo que pode ser misturado à nafta, em proporções pequenas [Bradesco (2008)].

Os grandes blocos da petroquímica são as olefinas⁶ (eteno, propeno e derivados do C4, como o butadieno) e os aromáticos (benzeno, tolueno e xilenos, conhecidos como BTX), que são petroquímicos básicos (ou de primeira geração) obtidos nas centrais de matérias-primas, com base nos quais são produzidos diversos petroquímicos de segunda geração (plásticos, intermediários para fibras e detergentes, entre outros). A natureza gasosa dos principais produtos da primeira geração petroquímica contribuiu para a tendência à integração da indústria, de modo que evite questões logísticas complexas e de elevado custo de transporte e armazenamento (ao contrário dos produtos de segunda geração, mais facilmente transportados e armazenados, commodities comercializadas internacionalmente) [Bradesco (2008)].

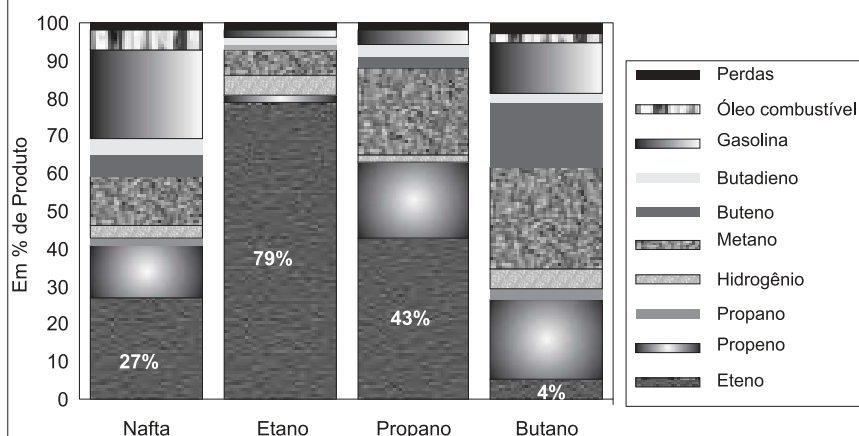
O tipo de matéria-prima empregado pela petroquímica tem rendimentos variados e determina um *mix* diferenciado de produtos. Sua escolha decorre, assim, da maior disponibilidade de uma ou outra matéria-prima e respectivos preços relativos e dos produtos finais desejados. No caso do eteno, os rendimentos de produção com base no gás natural superam os rendimentos da nafta (80% do etano em comparação com cerca de 30% da nafta), podendo ser considerado mais eficiente (ver Figura 1). Além disso, envolve menores custos fixos, ao contrário da nafta, que tem maior flexibilidade e possibilita um conjunto mais diversificado de petroquímicos básicos, com destaque para o propeno (Figura 2). Em função das características do petróleo (pesado ou leve) e do gás, há tendências regionais para a composição da principal matéria-prima petroquímica utilizada (Figura 3).

⁵ Chamada nafta petroquímica ou não-energética, que é uma mistura de hidrocarbonetos contendo de 6 a 10 átomos de carbono, obtida pelo processo de destilação atmosférica; por meio de um processo de fracionamento, são obtidas a nafta leve, média ou pesada. Distingue-se da nafta energética, utilizada na geração de gás de síntese, empregado na produção de gás canalizado doméstico [SBRT (2007)].

⁶ Olefinas são hidrocarbonetos cujas ligações entre carbonos são realizadas por meio de ligações duplas em cadeias abertas, podendo ser normais ou ramificadas. Compreendem os petroquímicos básicos: eteno, propeno e butadieno.

Figura 1

Padrões Típicos de Craqueamento por Matéria-Prima



Fonte: *Elaboração própria, com base em SBRT (2007).*

Figura 2

Nafta versus Gás Natural como Matéria-Prima Petroquímica

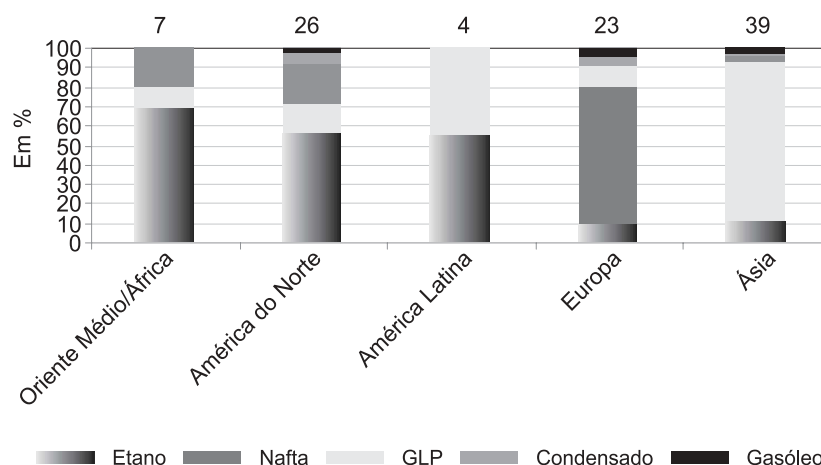
Nafta	Gás Natural
<ul style="list-style-type: none"> – maior versatilidade frente ao gás natural, podendo ser usada para produção de olefinas e aromáticos; – menor preço; – exige instalações de refino de petróleo; – operações químicas mais complexas; – mais poluente que o gás, aumentando custos de controle de poluição; – menor rendimento frente ao gás natural (3,5 t de nafta para produção de 1 t de eteno). 	<ul style="list-style-type: none"> – menor versatilidade, sendo empregado na produção de eteno; – menor preço; – não exige instalações de refino de petróleo; – operações químicas mais simples que a nafta; – menos poluente que o gás, reduzindo custos de controle de poluição; – maior rendimento frente à nafta (1,25 t de gás natural para produção de 1 t de eteno).

Fonte: *Elaboração própria, com base em SBRT (2007).*

Em síntese, as indústrias petroquímicas da Ásia e da Europa têm como matéria-prima básica a nafta, enquanto o Oriente Médio e a América do Norte empregam principalmente o etano. Na América Latina, a proporção é equivalente para as duas matérias-primas, com ligeira predominância da nafta em função do peso da petroquímica brasileira, que utiliza essa matéria-prima, enquanto os demais países da região utilizam o etano (Figura 4).

Figura 3

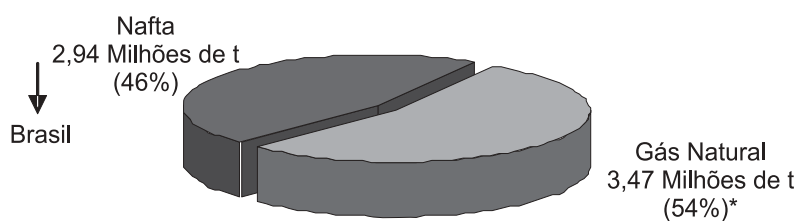
Participação na Produção e Fontes de Matérias-Primas por Região (2007)



Fonte: Parolin (2008).

Figura 4

Capacidade de Eteno na América Latina, por Fonte de Matéria-Prima (2007)



Fonte: Parolin (2008).

*Inclui 540 mil t/a da RioPol.

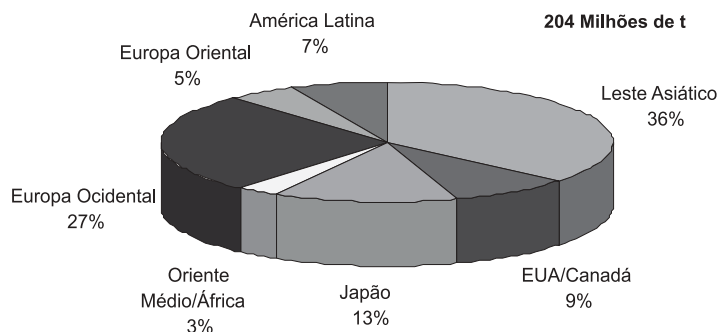
De todo modo, em termos mundiais, a nafta é ainda a principal matéria-prima, respondendo por mais da metade da produção petroquímica. Seu consumo para produção de olefinas é, atualmente, de mais de 200 milhões de t/a, puxado pela Ásia e Europa Ocidental (Figura 5).

A principal característica da indústria petroquímica é ser energointensiva e intensiva em capital, ilustrando um caso clássico de oligopólio concentrado, em que há fortes barreiras à entrada, concentração em grandes empresas e movimentos cíclicos de investimentos, preços e margens de lucro. Em função do longo período de maturação dos investimentos, a expansão da oferta ocorre “por saltos” à frente da demanda, com grandes acréscimos de capacidade instalada a cada ciclo de investimento. Isso implica um padrão de desequilíbrio permanente, que alterna períodos de pre-

ços e margens elevados no mercado internacional com períodos de baixa e compressão de margens pelo descasamento entre oferta e demanda [Bradesco (2008) e Kupfer (2004)].

Figura 5

Demanda de Nafta como Matéria-Prima para Olefinas (2005)



Fonte: ChemSystem (2008a).

Os principais fatores de competitividade são a escala de produção, com vistas à apropriação de economias de escala (as centrais operam em torno de 90% da capacidade de modo que maximize a rentabilidade); a integração, obtendo economias de escopo; e tecnologias que permitam alcançar vantagens de custo (no caso dos petroquímicos de segunda geração, que também possibilitem diferenciação de produto) [Coutinho (s/d), Hiratuka et al. (2000) e Bradesco (2008)]. Alguns consideram importante a localização próxima ao mercado consumidor (no caso dos petroquímicos de segunda geração), embora o acesso da matéria-prima a baixo custo adquira importância crescente, dada sua participação de quase 80% no custo de produção dos petroquímicos básicos e a volatilidade dos preços do petróleo.

Em termos ambientais, a petroquímica responde por 30% do uso mundial de energia na indústria, dos quais mais da metade associada ao uso do petróleo/gás natural como matéria-prima. Consequentemente, a petroquímica responde por 18% das emissões diretas de CO₂ pela indústria (as emissões da indústria correspondem a 22% das emissões totais), sendo a terceira maior fonte industrial depois de ferro/aço e cimento [Gielen et al. (2007)].

A petroquímica baseia-se em tecnologias de processo (químico), a maioria desenvolvida ao longo do século XX. Em particular no segmento de petroquímicos básicos, em que os produtos são absolutamente homogêneos, a inovação, na forma de novas

Processos de Produção e Tendências Tecnológicas

rotas de processo químico, é orientada sobretudo para obtenção de vantagens de custo, via ampliação de escalas (economia de escala) e/ou eficiência energética. Não há espaço para inovações de produto com vistas à diferenciação e à obtenção de parcelas de mercado de concorrentes. Isso ocorre, entretanto, em algum grau, no segmento de segunda geração, no qual são conhecidas as tecnologias de processo (no caso dos plásticos, a polimerização), mas há campo para inovações de produto e, principalmente, para desenvolvimento de novas aplicações, por meio de mudanças nas características físico-químicas dos polímeros, e melhoria de suas propriedades, por meio de misturas e compostos e pela adição de aditivos e outras substâncias, com vistas ao desenvolvimento e à ampliação de mercados.

As inovações na indústria ocorreram concomitantemente à sua consolidação, desde o surgimento na década de 1920 – cerca de sessenta anos depois da primeira perfuração comercial de um poço de petróleo –, com maior dinamismo a partir da década de 1940, quando produtos sintéticos passaram a substituir com menores custos e maior eficiência os produtos naturais. Um ritmo mais intenso de inovações perdurou até os anos 1980, resultando no lançamento no mercado dos principais polímeros [Bastos (2007)].

A partir daí, à exceção do desenvolvimento de novas aplicações no segmento de segunda geração (principalmente polímeros), o amadurecimento da indústria e a existência de tecnologias consolidadas disponíveis para aquisição no mercado internacional fizeram com que a inovação pouco a pouco perdesse espaço como elemento central de competitividade, principalmente em segmentos como a primeira geração. Esforços importantes com vistas ao desenvolvimento de tecnologias de eficiência e menor consumo energético remontam aos dois choques do petróleo, mas foram paulatinamente abandonados com o recuo e a estabilização dos preços a partir da década de 1980.

No entanto, a volatilidade recente dos preços do petróleo e previsões de esgotamento de recursos fósseis, além das apreensões com o aquecimento global, fizeram renascer a preocupação energética e com a oferta de matérias-primas, dando lugar a um novo ciclo de inovações em uma indústria que parecia ter alcançado sua maturidade tecnológica. A insuficiência mundial de matérias-primas petroquímicas imprimiu, assim, mudanças no cenário global e deu novo ímpeto à inovação, com foco principal na flexibilidade de matérias-primas [Glass (2007)].

Como apontado por Gomes et al. (2005), as inovações petroquímicas têm sido reorientadas para o período pré-choques do petróleo, englobando o desenvolvimento de fornos de pirólise com maior capacidade e para cargas pesadas, com maior flexibilidade

de matérias-primas, maior eficiência e menor consumo energético, além das novas tecnologias de refino específicas para maximização de propeno derivadas das unidades convencionais de FCC (*fluid catalytic cracking*).

O eteno, o mais importante petroquímico básico em volume de produção, cuja capacidade atual de produção mundial é de 116 milhões de toneladas, é utilizado exclusivamente para fabricação de produtos químicos, com destaque para os polietilenos (de alta, baixa e baixa densidade linear), petroquímicos de segunda geração que, juntos, respondem por quase 60% do mercado total de eteno, com o restante usado na produção de óxido de eteno, dicloroetano, etilbenzeno etc. [Gielen et al. (2007)].

O propeno, segundo petroquímico básico em volume de produção (73 milhões de toneladas consumidas em 2007), pode ser usado na fabricação tanto de compostos para combustíveis automotivos quanto de produtos químicos, como o polipropileno (principal uso do propeno, correspondendo a dois terços do total, em 2007), ácido acrílico/acrilatos, acrilonitrila e óxido de propeno. É quase sempre um subproduto, seja do refino do petróleo (dois terços do propeno produzido no mundo provêm do refino), seja da produção de eteno por craqueamento da nafta e do etano (um terço do propeno existente) [Dantas Neto e Gurgel (s/d)]. Mesmo com forte crescimento da demanda e custos abaixo do eteno, a produção de propeno passou por redução da oferta em função do fechamento de fábricas de craqueamento térmico na década de 1990, fruto do processo de reestruturação.

O eteno é produzido principalmente por craqueamento térmico de diversos hidrocarbonetos e tem várias alternativas tecnológicas, embora as mais tradicionais seriam da Kellog Brown & Root (com base na nafta, etano e gás óleo) e da alemã Lurgi AG (com base em hidrocarbonetos leves, etano, nafta e resíduos de hidrocarbonetos) [SBRT (2007)], podendo ser produzido também por craqueamento catalítico.

No caso do propeno, os principais processos são também craqueamento a vapor e catalítico, além da recuperação de correntes de refinaria⁷ e, mais recentemente, desidrogenação do propano (processo que opera com altas temperaturas, mas baixa pressão) e os processos *high propylene catalytic cracking* e *deep catalytic cracking* (DCC). A oferta mundial insuficiente de propeno tem estimulado os muitos desenvolvimentos tecnológicos, que incluem, ainda, a pirólise catalítica, a metátese de olefinas, o *high severity* (*high*

⁷ Conforme apontado por Hiratuka et al. (2000), a recuperação de correntes de refinaria vem tendo uso crescente internacionalmente e no Brasil pelo custo altamente competitivo.

propylene) *fluid catalytic cracking*, os processos baseados no gás natural, a interconversão de olefinas e os processos que partem do metanol⁸ (*methanol to olefins*, conhecido como MTO, e *methanol to propylene*, conhecido como MTP), que utilizam gás natural ou alternativas como carvão e mesmo biomassa [ChemSystems (2008b), Lima Neto et al. (2008) e Sanches et al. (2008)], o que parece indicar uma tendência mundial de uso de tecnologias alternativas para geração do propeno, instaladas inclusive nas refinarias.

No caso da metátese de olefinas, destacam-se os processos da Lyondell para produção de propeno com base no eteno (desenvolvido na década de 1960, mas em operação só em 1985) e da Lummus (licenciada para várias plantas em operação) [Sanches et al. (2008)]. No caso da interconversão de olefinas, processo baseado no craqueamento catalítico de olefinas C₄/C₅, os licenciadores são ExxonMobil, Lyondell/Kellogg, Lurgi e UOP/Atofina, mas não há plantas em operação.

O *methanol to olefins* (MTO) tem como licenciadores UOP e a Lurgi (neste caso, *methanol to propylene* – MTP, que não permite produção de eteno, mas apenas de propeno) e até recentemente ainda não tinha plantas em operação (mas planejadas na China e Nigéria), embora exija alto investimento e gás a custo muito baixo (entre US\$ 0,50 e US\$ 0,80/milhões de Btu). No caso do MTP, além da Lurgi, existem tecnologias da ExxonMobil, UOP e DICP. Cabe mencionar também os desenvolvimentos recentes, tais como processos de craqueamento catalítico de olefinas e craqueamento catalítico por pirólise, ambos da Sinopec, o craqueamento catalítico do propeno, da ExxonMobil, e o processo Omega, da Asahi Kasei [ChemSystems (2008b), Lima Neto et al. (2008) e Sanches et al. (2008)].

Nas refinarias, cabe mencionar as tecnologias de FCC com mudança de alvo para produção de olefinas, em vez da produção de gasolina e GLP [Hiratuka et al. (2000)]. O FCC tradicional é um processo mundialmente difundido, de grande flexibilidade operacional e capacidade de usar cargas de mais baixo valor comercial (frações residuais) nas refinarias. O FCC petroquímico é uma variação do FCC convencional (UOP, KBR e Stone & Webster, principais licenciadores, além do Cenpes/Petrobras). Trabalha em temperatura de reação mais elevada, na presença de catalisador (severidade elevada), e permite o craqueamento de frações pesadas e médias, maximizando o rendimento das olefinas em relação ao GLP e/ou gás combustível [Pereira et al. (2007)].

⁸ O metanol é o petroquímico básico encontrado no gás natural.

Produção Mundial e Novos Investimentos Petroquímicos

A produção de petroquímicos básicos está hoje concentrada na Ásia (Tabela 3), que detém quase 40% da produção mundial, seguida pela América do Norte (26%) e a Europa (23%). O Oriente Médio ainda ocupa posição pouco expressiva e, com a África, responde por apenas 7% da produção mundial, mas com perspectivas de ampliação de participação nos próximos anos em virtude dos investimentos na região – estima-se que possa superar 20% da produção mundial, em 2015 [Petro & Química (2007)]. Embora a participação da América Latina ainda seja reduzida (apenas 4%), há espaço para ampliação nos próximos anos, com os investimentos programados. Individualmente, os Estados Unidos lideram a produção de eteno (Figura 6), mas deverão ser fortemente afetados nos próximos anos.

Tabela 3

Produção Mundial de Petroquímicos Básicos (2006)

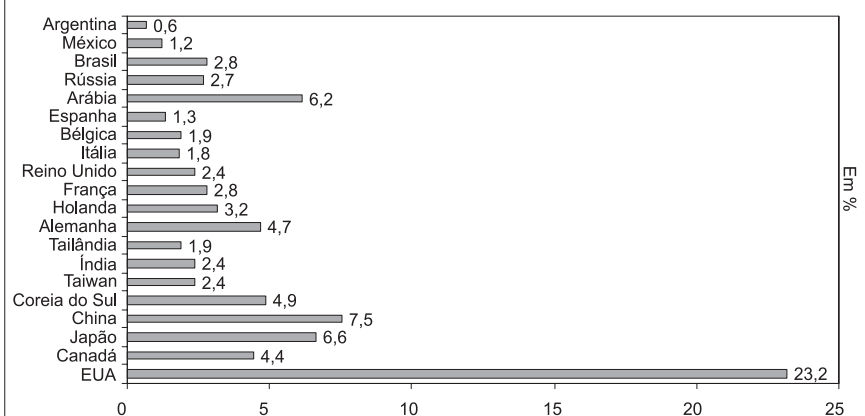
(Em Mil t)

	ETENO	PROPENO	BUTADIENO	BTX	TOTAL	%
América do Norte	33.492	22.621	3.111	23.610	82.834	26
América Latina	5.590	3.784	420	4.143	13.937	4
Europa	26.818	20.790	3.551	23.113	74.272	23
Oriente Médio e África	12.891	3.376	403	5.646	22.316	7
Ásia e Oceania	36.816	34.631	3.853	50.253	125.553	39
Total	115.607	85.202	11.338	106.765	318.912	100

Fonte: SRI apud Parolin (2008).

Figura 6

Ranking da Produção Mundial de Eteno



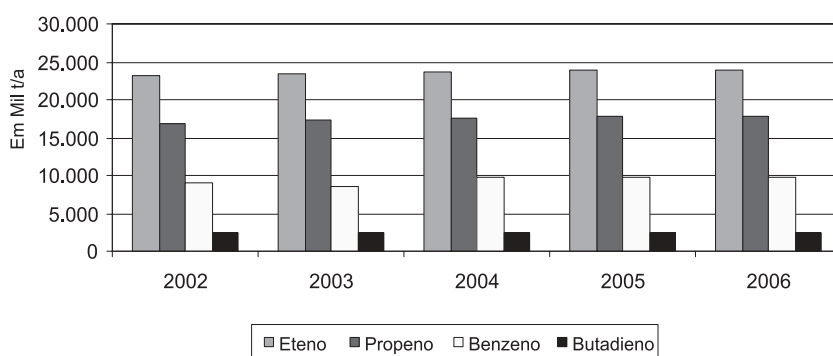
Fonte: Abiquim (2007a).

Nos países desenvolvidos, não estão previstos investimentos relevantes, mas adições mínimas de capacidade, com

perspectivas de aumento do nível de utilização, que os transformará em importadores líquidos de produtos petroquímicos. Na Europa, é mantida a estagnação dos investimentos da década atual (Figura 7), embora demanda crescente venha estimulando novos investimentos na Rússia [Sparshott (2008)], cujo parque petroquímico instalado na década de 1980 e restrições de matérias-primas têm levado à priorização do aumento da produção de etano, gás associado e nafta, no período 2008–2012, integrados a novos projetos petroquímicos.

Figura 7

Capacidade Instalada de Petroquímicos Básicos – Europa



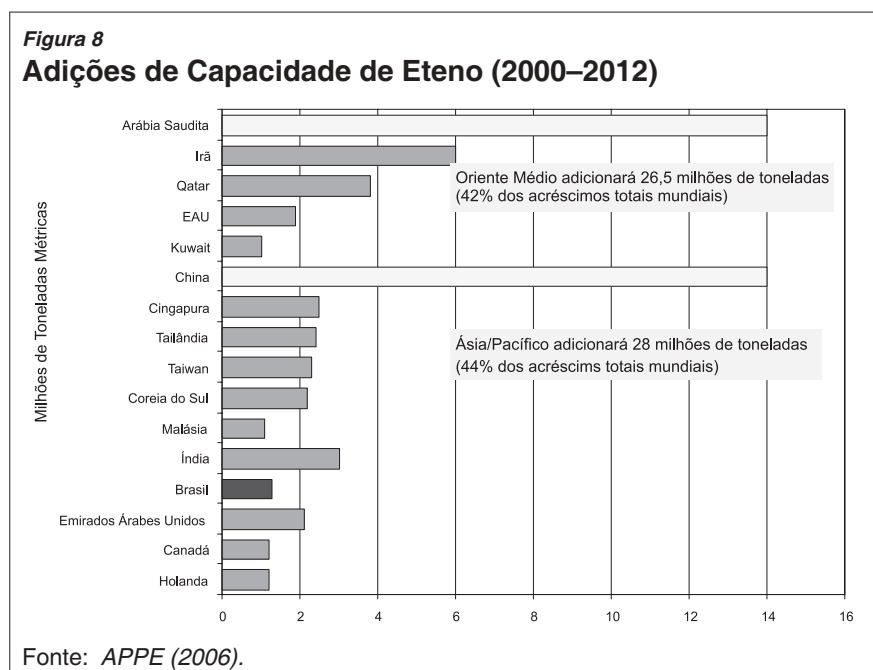
Fonte: APPE (2006).

A produção petroquímica europeia é fortemente baseada na nafta e nos condensados (75% da produção de eteno contra apenas 14% proveniente de etano, propano, butano e outros), enquanto na América do Norte a produção de eteno emprega etano como matéria-prima, permitindo que venha apresentando resultados mais satisfatórios graças aos melhores preços do gás em relação ao petróleo⁹.

Os principais projetos petroquímicos no mundo estão localizados no Oriente Médio, pela disponibilidade e o custo das matérias-primas, e na Ásia, região que deverá continuar como o principal mercado consumidor e motor do crescimento mundial futuro – nos próximos dez anos, 60% do crescimento petroquímico mundial deverá ocorrer na Ásia, com a China respondendo por um terço desse crescimento [Glass (2007)]. No período 2000–2012, 44% do acréscimo de capacidade de eteno ocorrerá na Ásia e 42% no Oriente Médio (Figura 8). Segundo Glass (2007), a Ásia respon-

⁹ A região de Alberta, no Canadá, tem maior incentivo ao uso do etano pelo custo de produção inferior ao prevalecente nos Estados Unidos, embora a indústria química canadense venha enfrentando dificuldades de expansão da produção nessa região mais lucrativa pelas limitações da oferta de matéria-prima e o impacto do fechamento de plantas (Dow e Ineos-Nova), em 2006 [C&EN (2008)].

derá por 50% da demanda global por *commodities* químicas, em 2015 (caberá à China um quarto da demanda global).



A Ásia, que já lidera o *ranking* mundial de petroquímicos básicos, deverá ampliar sua participação com os novos investimentos previstos. Na China, onde a ampliação da produção petroquímica tem sido prioridade nos planos quinquenais do governo, a capacidade de produção de eteno, que supera 10 milhões de t/a em face dos investimentos do início da década, deverá atingir 17 milhões de t/a, conforme meta do 11º plano (2006–2010) [Kani (2008)]. Os principais projetos em implantação são das empresas Sinopec e PetroChina (do grupo da estatal do petróleo CNPC), isoladamente ou em parcerias com empresas como ExxonMobil e Saudi Aramco. Investimentos importantes serão também realizados na Coreia do Sul, Cingapura, Tailândia e Malásia. Contudo, com a continuação de forte crescimento da demanda por petroquímicos na China, ainda será exigida substancial importação, mesmo com a adição prevista de 2 milhões de toneladas anuais de eteno com as novas plantas [Kani (2008)]. De fato, a região apresenta déficit de capacidade de petroquímicos básicos (no caso do eteno, além da China, também Taiwan, Indonésia, Filipinas e Índia), que deverá ser ampliado se mantido o crescimento econômico da região.

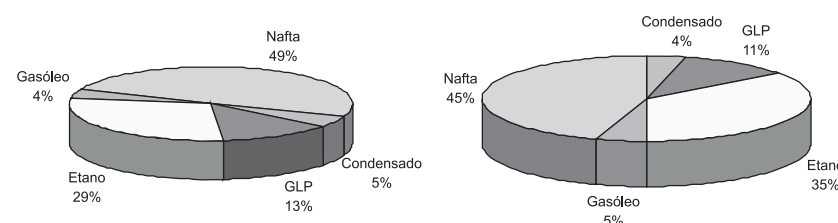
As empresas petroquímicas asiáticas alcançaram posição destacada no cenário mundial, com destaque para as chinesas Sinopec e PetroChina, a coreana Yeochun NCC, a indiana Reliance, além da Formosa Petrochemicals FPC (Taiwan), da Petroleum Authority of Thailand – PTT (Tailândia), da Petronas (Malásia), aproxi-

mando-se das tradicionais japonesas (Mitsubishi, Mitsui, Sumitomo e Idemitsu, entre outras).

No Oriente Médio, a disponibilidade de gás natural será a base para investimentos de instalação de capacidade, contribuindo para o aumento da participação do etano como matéria-prima na produção de eteno relativamente à nafta (Figura 9). O etano não é, contudo, a única matéria-prima empregada no Oriente Médio e, com exceção do Kuwait, Qatar e Emirados Árabes Unidos, que usam exclusivamente essa fonte, os demais países utilizam também outras matérias-primas (Figura 10).

Figura 9

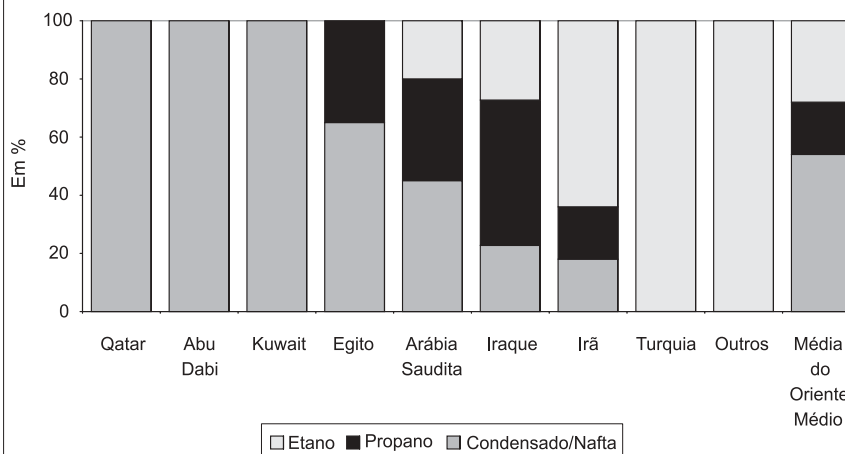
Capacidade de Produção de Eteno, por Fonte de Matéria-Prima (Realizado e Previsto)



Fonte: *Naphtha Information Service apud Parolin (2008).*

Figura 10

Matéria-Prima para Produção de Eteno nos Principais Países do Oriente Médio



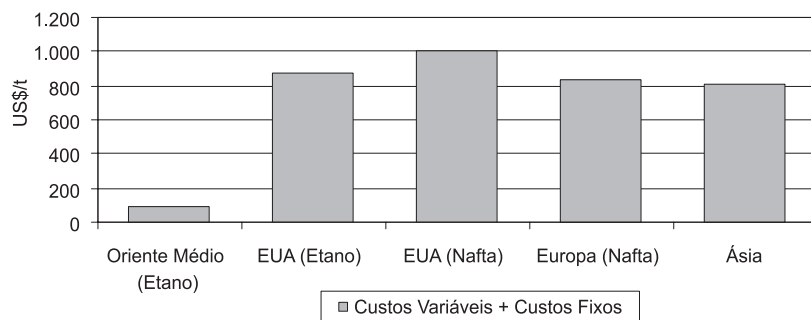
Fonte: *Naphtha Information Service apud Parolin (2008).*

A disponibilidade e as expressivas vantagens de custos de matérias-primas no Oriente Médio têm levado à intensa promoção da petroquímica e à implantação de complexos industriais

pelos governos [El Banna (2006)] (Figura11).¹⁰ Embora muitos desses projetos venham sofrendo atrasos [C&EN (2008)], quando em operação, permitirão ao Oriente Médio alcançar 20% da produção mundial petroquímica, boa parte destinada à exportação, inclusive para a Ásia [Bradesco (2008)].

Figura 11

Custo de Produção de Eteno, por Região e Fonte de Matéria-Prima



Fonte: CMAI (2007).

Tabela 4

Capacidade Instalada na Petroquímica Latino-Americana (2006)

(Em Mil t/ano)

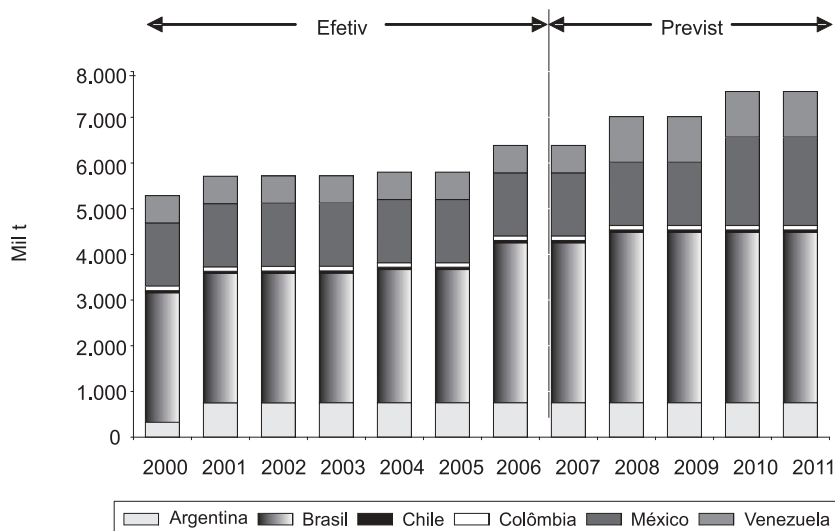
	ARGENTINA	BRASIL	CHILE	COLÔMBIA	MÉXICO	VENEZUELA	TOTAL
Eteno	752	3.500	50	100	1.382	600	6.384
Propeno	358	1.948	111	0	350	315	3.082
Benzeno	270	1.014	0	0	240	59	1.583
P-xileno	40	203	0	0	283	0	526
PEAD	540	2.032	0	0	200	310	3.082
PEBD	96	789	46	56	395	85	1.467
PEBDL	420	1.400	0	0	0	210	2.030
PP	305	1.415	130	380	240	110	2.580
PS	72	630	0	98	550	45	1.395
PET	245	394	0	40	945	0	1.624
PVC	240	789	0	369	536	185	2.119
Etilenoglicóis	0	325	0	0	460	82	867

Fonte: Elaboração própria, com base em Quimax Handbook (www.quimaxlatin.com).

¹⁰ O etano pode ser obtido do processamento do gás associado ou não-associado, sendo este último a matéria-prima preferencial do eteno no Oriente Médio devido ao seu custo muito baixo, embora a produção de petróleo cru na região venha crescendo apenas 1% desde a última década, o que limita consequentemente a oferta de gás associado [El Banna (2006)].

Na América Latina, o Brasil ocupa a posição de principal produtor de petroquímicos básicos (com exceção do p-xileno, no qual é superado pelo México) e lidera também o *ranking* de capacidade dos petroquímicos de segunda geração, em especial termoplásticos (com exceção do PET e dos etilenoglicóis, em que também é suplantado pelo México), conforme a Tabela 4. Essa liderança deverá permanecer depois das ampliações de capacidade previstas (Figuras 12, 13 e 14).¹¹

Figura 12
Evolução da Capacidade Instalada de Eteno na América Latina



Fonte: *Elaboração própria, com base em Quimax Handbook.*

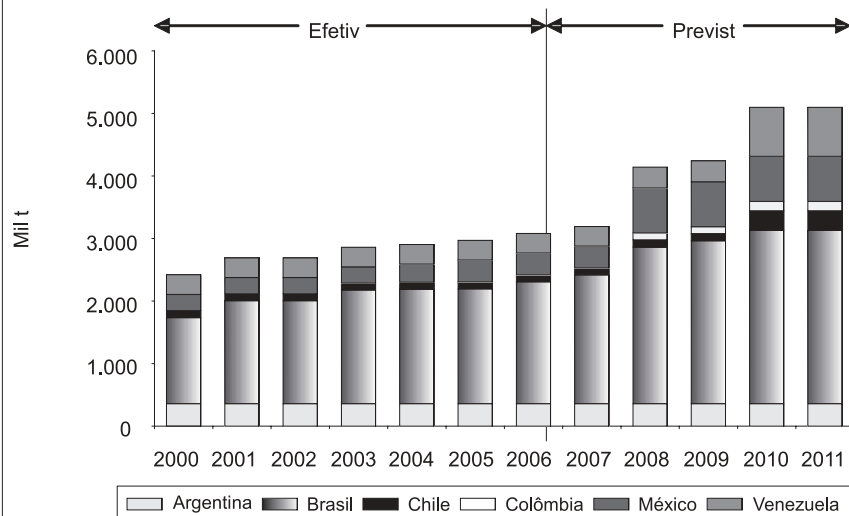
A importância brasileira na região é resultado do sucesso tanto na implantação quanto na reestruturação da petroquímica, instalada em três polos petroquímicos baseados na nafta – Capua-va (SP), Camaçari (BA) e Triunfo (RS) –, na Rio Polímeros, baseada no gás natural, além do projeto de implantação do Comperj, com base no petróleo pesado, ambos no Rio de Janeiro (Tabela 5). Mas a relevância brasileira decorre, simultaneamente, da fragilidade dos parceiros regionais, cuja petroquímica é incipiente, como no caso do Chile, ou que enfrentam obstáculos diversos, inclusive de natureza política, para expansão (como no caso do México e Argentina) ou implantação (Venezuela, Peru e Bolívia).

O petróleo e a petroquímica mexicana, com suas importantes reservas de hidrocarbonetos, chegaram a representar 55% do PIB, em 1990, mas progressivamente perdem importância. Sua participação foi reduzida a 25% do PIB, em 2004, com importações

¹¹ No caso do benzeno, são programadas ampliações apenas no Brasil, ao passo que no eteno também no México e Venezuela, enquanto no caso do propeno só não haverá ampliação de capacidade na Argentina.

Figura 13

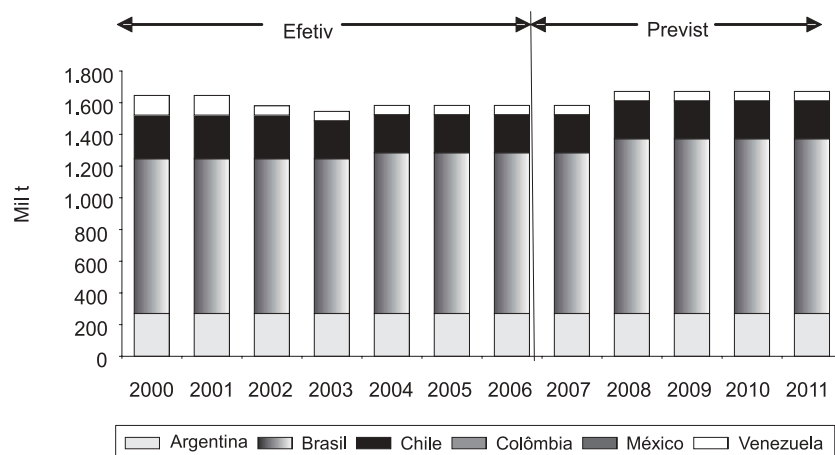
Evolução da Capacidade de Propeno na América Latina



Fonte: *Elaboração própria, com base em Quimax Handbook.*

Figura 14

Evolução da Capacidade de Benzeno na América Latina



Fonte: *Elaboração própria, com base em Quimax Handbook.*

crescentes de produtos petroquímicos (US\$ 6,5 bilhões, em 2006) e déficits comerciais em produtos químicos (US\$ 8,4 bilhões, em 2006). Os investimentos são apenas de expansão incremental das plantas existentes via desgargamentos [E&CN (2008)]. O importante projeto Fênix, que transformaria o México em exportador líquido de petroquímicos para os Estados Unidos, a partir de investimentos estimados em US\$ 2 bilhões pela parceria entre a estatal do petróleo Pemex, empresas privadas mexicanas (Idesa e Idelpro) e a canadense NovaChemicals, foi, no entanto, interrompido, em grande medida pela incapacidade da estatal de assegurar os recur-

Tabela 5

Capacidade Instalada dos Principais Petroquímicos Básicos, por Empresa (2007)

	BRASKEM	COPESUL	PQU	RIOPOL
Eteno	1.280	1.135	500	520
Propeno	584	581	250	75
Benzeno	455	265	200	34

Fonte: *Abiquim (2007a)*.

sos do investimento e pela falta de acordo sobre o preço da matéria-prima [Nexant (2006) e QuimaxReport (diversos números)].

A petroquímica argentina, por seu turno, enfrenta problemas decorrentes da falta de disponibilidade de matérias-primas para expansão de capacidade. Foram grandes os esforços para implantação da indústria no país, que compreende vários polos regionais, com destaque para o de Bahía Blanca (que contava com disponibilidade de etano, pela convergência de dois gasodutos que provêm das maiores reservas do país, facilidades logísticas de portos e transporte terrestre). Embora a origem desse polo remonte à década de 1960, as primeiras plantas entraram em operação na década de 1980 e o projeto só avançou em meados da década seguinte, com a aposta de líderes químicas mundiais, como Dow e Solvay, e da decisão governamental de deixar o complexo em mãos privadas. Atualmente, o polo enfrenta problemas de disponibilidade de matéria-prima para expansão e falta de credibilidade nas regras depois da decisão do governo, em 2007, de priorizar a oferta de gás natural para atendimento domiciliar em detrimento da indústria, levando à paralisação de unidades, com possíveis impactos sobre a indústria (por exemplo, risco de reorientação das estratégias das empresas investidoras no polo, como a Dow, que pretendia ter Bahía Blanca seu centro de atuação regional). Iniciativas como o projeto Mega, que contemplaria uma planta separadora de gases em Neuquén e seu deslocamento por duto até Bahía Blanca, não decolam [QuiMax Report (diversos números) e Boero (2008)].

A Colômbia, apesar da importância do setor petróleo e da estatal Ecopetrol, tem uma petroquímica diminuta, com expansões previstas de natureza incremental. A petroquímica chilena é também pouco relevante e os projetos principais são craqueamento de 500 mil t/a de nafta, hoje parcialmente importada, e plantas de polietileno e polipropileno, da Empresa Nacional del Petróleo (Enap) e Petroquim, além de parceiros estrangeiros [Nexant (2006)]. Os casos mais complexos da região são Bolívia, Peru e Venezuela, com importantes reservas de hidrocarbonetos, mas envoltos em problemas de natureza geopolítica.

A implantação de uma indústria petroquímica boliviana demanda parcerias internacionais cuja concretização esbarra em desconfiança por causa das ações de nacionalização dos hidrocarbonetos. Ainda há incertezas quanto à retomada de projetos, como da brasileira Braskem com a estatal boliviana do petróleo, Yacimientos Petrolíferos Fiscales de Bolívia (YPFB), para implantação do complexo de olefinas (uma planta de eteno e duas de polietileno, com 600 mil t/a). O investimento de US\$ 1,5 bilhão, parte realizado em Puerto Suarez, na Bolívia, e parte em Corumbá, no Brasil, com base no fornecimento de 30 milhões de m³/dia de gás natural do gasoduto Bolívia-Brasil, corresponderia à primeira iniciativa de industrialização do etano, que hoje é exportado com o gás.¹²

Projetos petroquímicos também não avançam no Peru, apesar das reservas ricas em gás de alto teor. O caso mais emblemático é o projeto Camisea, encabeçado pela Pluspetrol Peru Corp. (subsidiária da Pluspetrol Argentina), em campo de gás descoberto pela Shell na década passada, dificultado por disputas socioambientais que unem indígenas e organizações ambientais internacionais contra o projeto. Segundo QuiMax Report (diversos números), há possibilidade de investimento da Pluspetrol em parcerias em uma planta de eteno/polietileno com base no etano para exportação para os Estados Unidos, além de projetos da Petrobras e da Repsol em novo campo de gás descoberto próximo a Cuzco e investimentos da Braskem, da Petrobras e da estatal PetroPeru para implantação de complexo gás-químico (o projeto é importante para a empresa brasileira pelo acesso à matéria-prima e aos mercados da costa oeste, Estados Unidos e Ásia).

A Venezuela, apesar de incertezas políticas e da dificuldade de atração de investidores, tem planos ambiciosos para a petroquímica e para a Pequiven, subsidiária da estatal do petróleo PDVSA, que pretende posicionar entre as dez maiores petroquímicas.¹³ Com investimentos de US\$ 15 bilhões, até 2013, almeja triplicar a produção química [C&EN (2008)] de modo que alcance participação de 10% no PIB industrial, atendendo o mercado doméstico e exportações, revertendo a situação atual de importador líquido. A capacidade total de eteno passará a 3,2 milhões de toneladas.

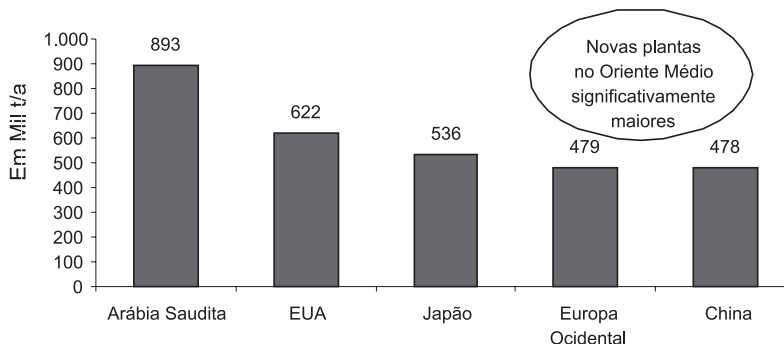
¹² As incertezas políticas já levaram à saída da espanhola Repsol-YPF, que originalmente participaria do projeto em estudo desde o início da década. Outras negociações também foram abandonadas, como a do governo boliviano com a PDVSA e a russa Gazprom.

¹³ Ver site da empresa Pequiven – Petroquímica de Venezuela S.A., Mercado (2008) e QuiMax Report (diversos números). A chamada Revolución Petroquímica Socialista (2007-2013) prevê a execução de 35 projetos para produção de matéria-prima e 52 projetos de transformação petroquímica, resultando em aumento da produção de 11 milhões para 32 milhões de toneladas anuais e do faturamento de US\$ 1,7 bilhão para US\$ 20 bilhões/ano, além da geração em torno de 700 mil postos de trabalho (200 mil empregos diretos).

São contemplados projetos em todos os complexos petroquímicos: investimentos para produção de eteno, polietileno, polipropileno, soda e PVC, por meio do craqueamento do etano e da desidrogenação do propano, no Complexo Industrial de Jose (por duas *joint ventures* Braskem/Pequiven)¹⁴ e em El Tablazo (Pequiven), craqueamento de nafta em Valencia (Pequiven provavelmente com parceria), modernização do Complexo de Morón (novas plantas de amônia e ureia e fertilizantes, para atendimento do mercado doméstico e exportação), construção de planta de olefinas com base na nafta (e aromáticos, por meio de correntes de refinaria) no Complexo de Paraguaná, e instalação de planta de metanol, destinado ao mercado doméstico e internacional no Complexo de Guiria. São contemplados também investimentos nos Complexos de Navay, Ana Maria Campos, Puerto de Nutria e o Projeto Independência, além de projetos petroquímicos em refinarias [QuiMax Report (diversos números) e Nexant (2006)]. A Venezuela firmou acordo com o Irã, no final de 2007, para construção do Complexo Petroquímico Pars Del Sur, próximo a Teerã.

A Tabela 6, ainda que não se proponha cobrir todos os investimentos de ampliação de capacidade de eteno, principal petroquímico básico, dá uma noção da magnitude dos projetos da Ásia e do Oriente Médio – e em menor medida da América Latina – e evidencia a nova realidade da indústria petroquímica mundial com a constituição de alianças estratégicas e formação de *joint ventures* em parcerias entre Dow e Sabic, Dow e PIC (criando a Equate), Sabic e Shell (criando a Sadaf) e ExxonMobil e Sabic (criando a Yanpet). Uma última característica dos novos investimentos é o aumento significativo do tamanho médio das plantas (Figura 15).

Figura 15
Capacidade Média de Planta de Olefinas, por Região (2006)



Fonte: Laszlo (2008).

¹⁴ Projetos destinados a atender o mercado doméstico e exportações para Europa, Estados Unidos e costa oeste da América do Sul.

Tabela 6

Adições de Capacidade de Eteno

PRODUTO/REGIÃO/EMPRESA	PAÍS	CAP. ATUAL (1.000 t/a)	ADIÇÃO DA CAP. (1.000 t/a)	INÍCIO DA OPERAÇÃO
América do Norte				
1 Nova Chemicals	Canadá	0	600	2010
América Latina				
2 Polimerica (Braskem + Pequiven)	Venezuela	0	1.300	2011
3 PQU (atual Quattor)	Brasil	230	500	2008
4 Westlake Chemical Corp.	Trinidad & Tobago	0	628	2010
5 Copesul (Atual Braskem)	Brasil	1.200	30	2008
6 Pemex – Petroleos Mexicanos	México	600	275	2010
7 Cystalsev + Dow	Brasil	0	350	2011
8 Braskem	Brasil	0	200	2010
9 Solvay	Brasil	0	60	2010
10 Comperj	Brasil	0	1.300	2012
Europa				
11 OMV Aktiengesellschaft – Schwechat Refinerie	Alemanha	340	110	2010
África				
12 Sonatrach + Total Petrochemicals	Argélia	0	1.100	2012
Oriente Médio				
13 Borouge Pte.Ltd. ¹	EAU	500	1.000	2010
14 Rabigh Refining & Petrochemical Co. ²	Arábia Saudita	0	1.300	2009
15 Dow Chemical Co. + Saudi Aramco ³	Arábia Saudita	0	1.300	2012
16 Easter Petrochemical (Sharq) ⁴	Arábia Saudita	0	1.300	2008
17 Basell Polyolefins Company N.V. + Sahara Petrochemical Co.	Arábia Saudita	0	1.000	2008
18 ARPC - Arak Petrochemical Company	Irã	0	500	2008
19 ARPC - Arak Petrochemical Company	Irã	0	1.100	2010
20 ARPC - Arak Petrochemical Company	Irã	0	318	2009
21 Dow Chemical Co. + Oman Oil Company	Oman	0	900	2009
22 Qatar Petroleum	Qatar	0	1.300	2009
23 Bakhtar Petrochemical Company	Irã	0	1.200	2009
24 Eastern Petrochemical Company (SHARQ)	Irã	0	1.200	2008
25 Jam Petrochemical Co. (JPC) ⁵	Irã	0	1.320	2008
26 The Kuwait Olefins Co. (TKOC) ⁶	Kuwait	0	850	2008
Ásia				
27 Sinopec - China Petroleum & Chemical Corp.	China	0	1.000	2009
28 Basf AG + Sinopec	China	600	150	2009
29 Shell	Cingapura	0	800	2010
30 Dow + Siam Cemet Group	Tailândia	0	900	2010
31 Chengdu Petrochemical Co. Ltd. + PetroChina Petrochemical Co	China	0	800	2010
32 Sinopec - China Petroleum & Chemical Corp + SK Corporation	China	0	800	2010
33 ExxonMobil Corp. + Fujian Petrochemical Co. Ltd.+ Saudi Aramco + Sinopec	China	0	800	2009
34 Kuokuang Petrochemical Technology Corp.	Taiwan	0	1.200	2014
35 Sinopec – China Petroleum & Chemical Corp.	China	0	1.000	2009
36 IndianOil – Indian Oil Corporation Limited	Índia	0	800	2009
37 Lotte Daesan Petrochemical Co. Ltd.	Coreia do Sul	666	334	2008

Continua

PRODUTO/REGIÃO/EMPRESA	PAÍS	CAP. ATUAL (1.000 t/a)	ADIÇÃO DA CAP. (1.000 t/a)	INÍCIO DA OPERAÇÃO
38 SP Chemicals Ltd.	Cingapura	0	800	2014
39 PTT Chemical plc	Tailândia	515	515	2009
40 Dow + Siam Cemet Group	Tailândia	0	800	2010
41 Petrochina Dushanzi Petrochemical Company	China	0	1.000	2008
42 Guangzhou PC	China	0	800	2009
43 Equate Petrochemical Co. KSCC	Kuwait	0	850	2008
44 Haldia Petrochemicals	Índia	560	728	2008
45 Honam Petrochemical	Coreia do Sul	720	750	2008

Fonte: Adaptado de Quimax Monitor World Investment Outlook e Polyolefins Consulting L.L.C., dez. 2007. (www.polyolefinsconsulting.com).

¹Joint venture entre Borealis e ADNOC, que será a primeira unidade a produzir polipropileno do etano, além de polietileno.

²Joint venture 50-50 Saudi Aramco – Saudi Arabian Oil Company e Sumitomo Chemical. Contempla também 900 mil t/a de propeno, 700 mil t/a de PP, 350 mil t/a de PEBDL, 300 mil t/a de PEAD.

³Projetado para ser o maior complexo petroquímico do mundo, com trinta plantas petroquímicas de escala global, localizado em Ras Tanura, integrado à refinaria de 550 mil bbl/dia da Aramco e à unidade de processamento de gás Ju'aymah. Custo total: US\$ 20 bilhões.

⁴Joint venture 50-50 entre Sabic – Saudi Basic Industries Corporation e o consórcio japonês SPDC. Contempla ainda 700 mil t/a de MEG, 400 mil t/a de PEBDL e 400 mil t/a de PEAD. Localizado em Al-Jubail.

⁵Subsidiária da National Petrochemical Co – projeto originalmente previsto para início de operação em 2005, mas adiado por falta de recursos e mão-de-obra qualificada. Contempla também propeno, PEAD, PEBDL e 300 mil t/a de PP.

⁶Complexo petroquímico (eteno + derivados). Joint venture entre Petrochemical Industries Co. of Kuwait e Dow Chemical (Projeto Olefins II).

Perspectivas para a Petroquímica Brasileira

Implantada há mais de três décadas por meio de políticas públicas ativas com forte intervenção estatal na produção/importação de matérias-primas e participação direta nas empresas segundo o modelo tripartite, a petroquímica brasileira conseguiu alcançar um parque fabril relativamente moderno, posição não desprezível no *ranking* mundial e capacidade de suprir uma parte dos produtos plásticos demandados no país, além de alguma capacidade exportadora. A capacidade produtiva de eteno, por exemplo, é de cerca de 3,5 milhões de toneladas anuais, que situa o país no 12º lugar do *ranking* mundial (2,7% do total) e 1º no *ranking* latino-americano (mais de dois terços do total regional) [Abiquim (2007b)]. Em 2006, o faturamento da petroquímica brasileira foi de cerca de US\$ 23 bilhões, correspondendo a cerca de 80% do faturamento total dos produtos químicos industriais [Silveira et al. (2008)].

Apoiada inicialmente na importação de petróleo e derivados, o país alcançou a autossuficiência de petróleo, mas ainda depende da importação de cerca de um terço da nafta consumida, além da importação de petroquímicos intermediários não produzidos no país.

Apesar de instalados em polos petroquímicos integrados, os produtores não eram integrados empresarialmente, tinham porte reduzido frente aos padrões internacionais, eram fabricantes de um único produto (monoprodutores) e instalados com base em comple-

xos arranjos societários no conhecido modelo tripartite. A abertura comercial da economia na década de 1990 – ao extinguir esquemas de proteção à indústria nacional com a eliminação do controle de preços e do comércio exterior – impôs novos desafios e tornou obsoleto o modelo petroquímico que fora satisfatório em um cenário de indústria protegida da competição internacional. Com a privatização, por meio da venda das participações acionárias da Petroquisa, foram abertas perspectivas de concentração e reestruturação da indústria para adequação das empresas brasileiras aos padrões internacionais e aos requisitos de competitividade (economias de escala e escopo, pela ampliação de porte e integração vertical e horizontal). No caso da Braskem, possibilitou alcançar 40% da capacidade de produção dos três principais petroquímicos básicos no país.

O processo de consolidação não estava, entretanto, concluído, pois a pulverização da indústria e os arranjos societários estruturados à época da implantação, ao atrelar grupos concorrentes no controle de empresas fornecedoras de petroquímicos básicos, passaram a constituir obstáculos à expansão [Gomes et al. (2005) e Borges (2007)].¹⁵ Apenas em 2007, por meio de movimentos de fusões e aquisições, teve lugar a conclusão da consolidação da petroquímica que resultou no retorno da Petrobras à indústria e em dois grupos privados nacionais de grande porte empresarial com maior integração vertical e horizontal e escala competitiva, permitindo definir estratégias até de internacionalização. São eles a Braskem (que passou a ter maior participação acionária da Petrobras e controlará a petroquímica das regiões Sul e Nordeste) e a Quattor (60% do capital votante com a Unipar e 40% com a Petrobras, reunindo ativos da Região Sudeste antes controlados pela Unipar e Suzano Petroquímica), como se vê na Figura 16.

A partir da consolidação, a Braskem, que já é a maior petroquímica latino-americana e tendo ocupado a 55ª posição no *ranking* das maiores empresas químicas mundiais por vendas em 2006 [Chemical Week (2007)], passa a ter importante posição no continente, mas porte ainda reduzido comparativamente aos principais produtores mundiais, como no caso da capacidade de produção de eteno (ver Tabela 7).

Além dos entraves societários, a expansão da petroquímica brasileira esbarrava em limitações da disponibilidade de matérias-primas. Estudo da Abiquim (2007b) apontava um cenário preocupante sobre o balanço oferta/demanda de petroquímicos básicos,

¹⁵ Isso ocorria com PQU e Copesul. A primeira enfrentava dificuldades para realizar investimentos de ampliação em função de sua localização e pelas disputas dos seis acionistas consumidores de petroquímicos básicos, atrelados no acordo de acionistas. A Copesul era controlada por dois grupos concorrentes, consumidores de petroquímicos básicos, ambos com mútuo direito de preferência pelo acordo de acionistas.

Figura 16

Braskem e Quattor

QUATTOR		BRASKEM	
Controle		Controle	
Unipar 60%		Odebrecht 37,2%	
Petrobras/Petroquisa 40% (46% ON)		Petrobras/Petroquisa 25% (30% ON)	
		BNDES 5,7%	
		Outros 31,9%	
Capacidade de Produção		Capacidade de Produção	
Eteno	1,0 milhão t/a	Eteno	2,5 milhões de t/a
Propeno	320 mil t/a	Propeno	1,3 milhão de t/a
Polietilenos	814 mil t/a	Polietilenos	2,0 milhões de t/a
Polipropileno	1,0 milhão t/a	Polipropileno	760 mil t/a
Receita Líquida	R\$ 6,5 bilhões	Receita Líquida	R\$ 18,5 bilhões
Ebitda	R\$ 850 milhões	Ebitda	R\$ 3,1 bilhões
Controle do Polo de São Paulo e do Novo Polo do Sudeste		Controle do Polo de Camaçari e Triunfo	

Fonte: *Elaboração própria, com base em Petrobras (2008) e outras fontes.*

diante das perspectivas de crescimento da economia brasileira e mundial. As projeções indicavam possibilidade de déficit de capacidade em 2020, principalmente de eteno e propeno, mesmo após a entrada em funcionamento do Comperj, com investimentos de US\$ 8,4 bilhões, que adicionará 1,3 milhão de toneladas de eteno, além de petroquímicos de segunda geração, até 2012.¹⁶

Ainda que as projeções da Abiquim, elaboradas antes da crise mundial, possam ter superestimado a expansão da demanda e talvez sejam conservadoras no caso da ampliação da oferta, as limitações da nafta eram reais e esbarravam em limitações técnicas e econômicas decorrentes da característica do petróleo brasileiro (composto em mais de 80% de frações pesadas). A autossuficiência brasileira na produção de petróleo não beneficiou diretamente nem foi decisiva para o sucesso da petroquímica. O país tem superávit na balança comercial de petróleo e derivados, exportando petróleo cru e alguns derivados (óleo combustível, combustível para embarcações etc.), mas é obrigado a importar derivados como nafta e óleo diesel. No caso da nafta, o país produz 70% do que consome (a produção de nafta representa apenas 8% dos derivados produ-

¹⁶ O Comperj utilizará o petróleo pesado de Marlim como matéria-prima, que possui grande disponibilidade no país, mas é exportado com deságio de US\$ 10-15 no mercado internacional em relação ao Brent (petróleo leve do Mar do Norte, capaz de produzir derivados mais nobres). Conforme Pereira et al. (2007), a natureza do petróleo nacional gera menor rendimento de nafta e produz nafta de pior qualidade. Com o Comperj, haverá benefício indiscutível para a Petrobras e economia de divisas superior a US\$ 2 bilhões anuais, em função da substituição da exportação de petróleo pesado pela venda de produtos petroquímicos de maior valor agregado.

Tabela 7

Principais Empresas Produtoras de Eteno – Globais e Latino-Americanas (2007)

GBAIS	PAÍS	Mil t Métricas	LATINO-AMERICANAS	PAÍS	Mil t Métricas
Dow	EUA	7.400	Braskem	Brasil	1.400
ExxonMobil	EUA	5.800	Copesul (Atual Braskem)	Brasil	1.200
Equistar (Subsidiária Lyondell)	EUA	4.900	Petroquímica Bahia Blanca	Argentina	800
Shell	Hol/RU	4.800	Petroquímica União (Atual Quattor)	Brasil	700
Ineos	RU	4.000	Pequiven	Venezuela	600
Chevron Phillips	EUA	3.500	Rio Polímeros (Atual Quattor)	Brasil	550
Formosa Petrochemicals	Taiwan	2.500	Ecopetrol	Colombia	100
Nova Chemicals	Canada	2.500	Petrox	Chile	50
Petrokemya (Subsidiária Sabic)	A. Saudita	2.400	Perez Companc	Argentina	40
Polimeri Europa (Controlada ENI)	Itália	2.300	Petrobras	Brasil	40

Fonte: *ChemSystems (2008a)*.

zidos no país) e o desequilíbrio perdura por toda a década atual, com perspectivas de aumento no caso de ampliação da produção petroquímica (Figura 17). No entanto, conforme Coelho (2008), as importações de nafta, em 2007, foram praticamente idênticas em valor ao que o país exportou com gasolina (US\$ 1,2 bilhão).

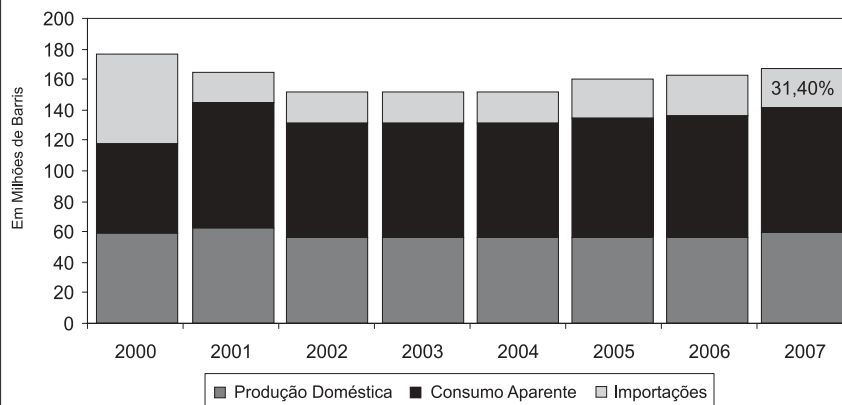
Há ainda a questão dos preços da nafta e sua importância para a formação de preços da petroquímica, tendo em vista a grande participação no custo das centrais e os impactos ao longo de toda a cadeia [Silveira et al. (2008)]. A importação de nafta segue a cotação internacional ARA (Amsterdã, Roterdã e Antuérpia), acrescida do custo logístico de internalização. O fornecimento de nafta pela Petrobras tem também seu preço atrelado às cotações ARA e à taxa de câmbio. Com isso, o custo da matéria-prima, que representa um percentual elevado dos custos das centrais, em torno de 76% no caso da Braskem [Bradesco (2008)], é apontado como fator de instabilidade. No caso do gás natural, a referência são os preços dos Estados Unidos (Mont Beview).

A insuficiência da oferta doméstica de nafta fez com que as expansões recentes dos petroquímicos básicos empregassem alternativas como o gás de refinaria, usado pela Petroquímica União, ou o gás natural, na implantação da Rio Polímeros, ou ainda o petróleo pesado no Comperj, além do uso de matérias-primas renováveis como o etanol para produção de eteno. No entanto, mesmo

esse conjunto mais amplo sofre limitações de oferta previstas para os próximos anos [Abiquim (2007a)] e deverá ser insuficiente para atender às necessidades do novo ciclo de investimentos petroquímicos.

Figura 17

Nafta – Produção Doméstica, Consumo Aparente e Importações do Brasil (2000–2007)



Fonte: *Elaboração própria, com base em Bradesco (2008).*

As projeções da Abiquim (2007a) indicavam a continuação do déficit de nafta no país de mais de 2 bilhões de t/a, até 2020 (Tabela 8). O aumento da produção doméstica seria insuficiente para atender à demanda, implicando a continuidade das importações. A utilização do natural e do gás de refinaria, segundo o estudo, estaria restrita às plantas existentes, enquanto o uso do etanol para produção de eteno ficaria limitado a iniciativas isoladas.

Tabela 8

Balanço Projetado de Disponibilidade de Nafta

	2006	2010	2015	2020
Disponibilidade de Nafta Petroquímica (Mil t/a)	5.422	5.730	8.147	7.703
Demanda de Nafta Petroquímica (Mil t/a)	9.717	10.267	10.267	10.267
Nível Operacional (%)	96,8	96,8	96,8	96,8
Carga Centrais (Mil t/a)	9.406	9.938	9.938	9.938
Déficit de Nafta Petroquímica (Mil t/a)	(3.984)	(4.208)	(1.791)	(2.235)

Fonte: *Abiquim (2007b).*

No entanto, na virada 2007/2008, surgiram fatos novos que deverão alterar o cenário petroquímico brasileiro. Em primeiro lugar, a Petrobras anunciou investimentos de US\$ 43 bilhões para ampliação de capacidade das refinarias existentes – Replan (SP) e Repar (PR) – e a construção de novas (Premium), localizadas no Maranhão e no Ceará (com investimentos de US\$ 20 bilhões e US\$ 11 bilhões, respectivamente, em 2016), além de Pernambuco e o Comperj no Rio de Janeiro. Os novos investimentos permitirão ampliar a capacidade de refino do país de 1,8 milhão para 3,2 milhões de barris de petróleo por dia, em 2016, sendo 2,5 milhões de barris/dia já em 2013).

Em segundo lugar, a descoberta de campos de hidrocarbonetos na camada pré-sal em águas profundas, na Bacia de Santos, do Espírito Santo a Santa Catarina, cria perspectivas efetivamente promissoras, não só pela dimensão das reservas como pelas características nobres do petróleo (predominantemente, frações leves). Estimativas indicam reservas de 5 a 8 bilhões de barris equivalentes de petróleo (bep) em cada um dos campos de Tupi e Júpiter, que demandarão investimentos de US\$ 10 bilhões, em dez anos, além das reservas de outros campos, inclusive Carioca, o maior, que poderia chegar a 33 bilhões de bep [Brasil Energy (2008)]. Ainda que sejam exigidos elevados investimentos em vista de altos custos de perfuração e logística, o pré-sal é capaz de provocar uma mudança de patamar, colocando o país no *ranking* dos maiores produtores de petróleo (à frente da Rússia ou mesmo da Venezuela) e, dessa vez, com efeitos profundos sobre a petroquímica.

Atualmente, a maior parcela da produção mundial de petroquímicos básicos cabe à Ásia, tendência que deverá ser reforçada pelos expressivos investimentos na região, particularmente na China. O Oriente Médio surge como núcleo importante na produção petroquímica mundial: a região, atualmente, responde por 7% da produção mundial, mas deverá superar 20% em 2015. Também a América Latina, a despeito dos modestos atuais 4% na produção mundial, poderá ter uma posição de mais destaque, pois conta com importantes reservas de matérias-primas e, em casos como o brasileiro, experiência na produção petroquímica.

Até recentemente, a liderança petroquímica mundial parecia determinada pelo estágio de desenvolvimento econômico dos países, mas tudo indica que essa racionalidade mudou com as perspectivas futuras de esgotamento da oferta de recursos fósseis em 40 anos, com estimativas de que entre 13 e 15 anos mais de 60% dos poços de petróleo em produção estarão secos. Agora, o dinamismo futuro da petroquímica passa a estar atrelado ao contro-

Considerações Finais

le das fontes (disponibilidade e custos) da matéria-prima, além do acesso a mercados, que determinam a reestruturação em curso na indústria.

O primeiro sinal parece ser o deslocamento da oferta para o Oriente Médio, pelas vantagens de custo e disponibilidade de matéria-prima, além de investimentos adicionais na Ásia, decorrentes da crescente representatividade dos mercados asiáticos, que imprimirá grandes mudanças no cenário mundial. Em particular, os investimentos no Oriente Médio, onde estão localizadas as principais reservas de petróleo e gás, com a transformação dos países desenvolvidos em importadores líquidos, significam que durante muitos anos a indústria petroquímica mundial será fortemente influenciada por esta região. Por outro lado, os novos investimentos partem de arranjos novos com parcerias inéditas e *joint ventures* entre tradicionais líderes químicas mundiais e empresas nacionais de petróleo e suas subsidiárias. Por fim, a insuficiência mundial de matérias-primas petroquímicas tem gerado também um novo ímpeto à inovação, com foco principal na flexibilidade de matérias-primas, em uma indústria que parecia ter alcançado sua maturidade tecnológica.

Ainda que os países latino-americanos tenham tido participação limitada durante todo o desenvolvimento e consolidação da indústria petroquímica, as perspectivas mundiais de conversão de Europa, Estados Unidos e Ásia em importadores líquidos de produtos petroquímicos apontam novas oportunidades para a região, seja pela via do comércio exterior, seja pela internacionalização de suas empresas, eventualmente por meio de uma atuação regionalizada e podendo também envolver parcerias.

Esse cenário internacional impõe, contudo, grandes desafios para a petroquímica latino-americana, com a necessidade de ampliação de investimentos e do porte das empresas, além de uma provável definição de estratégias mais agressivas.

No caso da petroquímica brasileira, os principais obstáculos à expansão, como o porte reduzido das empresas e a oferta insuficiente de matérias-primas, parecem equacionados pela consolidação recente e pela oferta de matérias-primas alternativas, além dos novos investimentos em refino e, principalmente, da exploração do pré-sal, que abre perspectivas auspiciosas para inserção no cenário internacional.

No entanto, se as previsões das consultorias SRI e Nexant já indicavam perspectivas mundiais de sobrecapacidade, com previsão de queda no nível de utilização de capacidade e início do ciclo de baixa, com duração até 2013 [Petro & Química (2007)], um

cenário mais sombrio começa a ser visível diante das perspectivas de recessão global. Nesse sentido, se materializadas previsões como do FMI para crescimento da economia mundial de apenas 0,5% em 2009, certamente serão ampliados os riscos de sobrecapacidade e a pressão sobre os preços e margens da petroquímica. É, contudo, improvável a reversão das tendências identificadas de deslocamento da oferta, uma vez que boa parte dos investimentos já está em curso, mas certamente resultará em nova onda protecionista dos países desenvolvidos, confirmando tendência já desenhada nos últimos anos com o surgimento de barreiras não-tarifárias ao comércio internacional de substâncias químicas nos blocos da União Europeia (por meio do regulamento REACH) e do Nafta (por meio do regulamento ChAMP).

No caso da petroquímica brasileira, a possibilidade é o avanço histórico, que dependerá, no entanto, do enfrentamento da crise global, da capacidade de resposta das empresas brasileiras e, principalmente, de políticas ativas para assegurar os investimentos estruturais do pré-sal e a expansão da petroquímica, inclusive com medidas destinadas ao fortalecimento do segmento de transformados plásticos, mesmo diante das incertezas da economia mundial.

Referências

ABIQUIM – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA QUÍMICA. *Anuário da Indústria Química*, 2007b.

_____. *Demanda de matérias-primas petroquímicas e provável origem até 2020*. São Paulo: Abiquim, GT – Matérias-Primas Petroquímicas/Comissão de Economia, nov. 2007 (2007a).

APPE – ASSOCIATION OF PETROCHEMICALS PRODUCERS IN EUROPE. *Western European market review*. Bruxelas: Association of Petrochemicals Producers in Europe, 2006. Disponível em: <<http://www.petrochemistry.net/>>. Acesso em: 26.2.2008.

BASTOS, Valéria D. “Biopolímeros e polímeros de matérias-primas renováveis”. *Revista do BNDES*, v. 14, n. 28, p. 201-234, BNDES, Rio de Janeiro, dez. 2007.

BOERO, Alejandro Gomez. *Competitividade de la Industria Química Latinoamericana*. Apresentado no “IV Congresso da Indústria Química do Mercosul/VIII Congresso Brasileiro de Petroquímica”, IBP, Rio de Janeiro, 18-20 mai. 2008.

BORGES, Luiz F. X. “O acordo de acionistas como instrumento da política de fomento do BNDES: o pólo de Camaçari”. *Revista do BNDES*, v. 14, n. 28, p. 55-92, BNDES, Rio de Janeiro, dez. 2007.

BP – BRITISH PETROLEUM. Statistical Review of World Energy, jun. 2007. Disponível em: <<http://www.bp.com>>. Acesso em: 20.2.2008.

BRADESCO. Química e Petroquímica, Bradesco/Depec – Departamento de Pesquisas e Estudos Econômicos, mai. 2008.

BRASIL ENERGY, a. 29, n. 407, 1º abr. 2008.

C&EN. Chemical and Engineering News, v. 86, n. 2, p. 15-30, jan. 2008. Disponível em: <<http://pubs3.acs.org/cen/coverstory/86/8602cover.html>>. Acesso em: 26.2.2008.

CHEMICAL WEEK, 26 de setembro de 2007, p. 21-33.

CHEMSYSTEMS. ChemSystems Courses, 2008a.

_____. Olefins Markets at Turning Point, Chemsystems Olefins Report, 2008b. Acesso em 29.7.2008.

COELHO, José Ricardo Roriz. *Análise da competitividade do setor de transformação de plásticos brasileiro*. Diretor titular do Departamento de Competitividade e Tecnologia (Decomtec) da Fiesp, mar. 2008.

COUTINHO, Luciano G. “A transição da petroquímica brasileira em direção ao paradigma mundial: uma avaliação do ato de concentração que originou a Braskem S.A.”, sem data.

DANTAS NETO, Afonso A. & GURGEL, Alexandre. “Curso refino de petróleo e petroquímica”. Centro de Tecnologia/Departamento de Engenharia Química/UFRN, PRH-ANP-14, sem data.

EL BANNA, SANAA. *Global and Arab petrochemicals industries: a future vision*. Apresentado na “VIII Arab Energy Conference”, Amã, Jordânia, 14-17 mai. 2006.

GEROSA, Tatiana M. *O estudo da utilização do gás natural como insumo para a indústria química e petroquímica: modelagem de uma planta gás-química*. São Paulo: Programa Interunidades de Pós-graduação em Energia/USP, 2007 (Dissertação de Mestrado).

GIELEN, Dolf et al. IEA petrochemical scenarios for 2030-2050: energy technology perspectives. Paris: International Energy Agency, 2007. Disponível em: <http://www.iea.org/textbase/work/2006/petrochemicals/Discussion_Paper.pdf>. Acesso em 18.4.2008.

GLASS, Sherman J. “*Sharing perspectives on the global petrochemical industry*”. ExxonMobil Chemical senior vice president, apresentação na CMAI World Petrochemical Conference, Houston, TX, 21 mar. 2007.

- GOMES, Gabriel L. et al. "Indústria petroquímica brasileira: situação atual e perspectivas". *BNDES Setorial*, n. 21, p. 75-104, BNDES, Rio de Janeiro, mar. 2005.
- HIRATUKA, Célio et al. "Limites e possibilidades do Brasil nas configurações produtivas globalizadas: A indústria petroquímica". *Relatório de Pesquisa*, Araraquara e Campinas, abr. 2000.
- KANI, Masaru. *Petrochemical industry in China*. Mitsubishi Chemical Techno-Research Corporation. Apresentado no "V Global Petrochemicals Conference", Dusseldorf, 4-6 mar. 2008.
- KPMG. *Key issues for rising national oil companies*. KPMG International, 2008.
- KUPFER, David. *Estrutura e estratégia na cadeia petroquímica – plástico*. Apresentado no "Fórum LatinoPlast", Gramado, 23 set. 2004.
- LIMA NETO, Ernesto P. de et al. *Metanol como produto estruturante das cadeias químicas e de energia*. Apresentado no "IV Congresso da Indústria Química do Mercosul/VIII Congresso Brasileiro de Petroquímica", IBP, Rio de Janeiro, 18-20 mai. 2008.
- LÁSZLÓ, Piry. *Key success factors in CEE Petrochemicals*. Grupo MOL, apresentado na Global Petrochemicals, World Refining Association (WRA), Dusseldorf, 4-6 mar. 2008.
- MERCADO, Alexis. *A indústria petroquímica venezuelana: possibilidades de desenvolvimento em função da disponibilidade de matérias-primas*. Apresentado no "IV Congresso da Indústria Química do Mercosul/VIII Congresso Brasileiro da Indústria Petroquímica", IBP, Rio de Janeiro, mai. 2008.
- NEXANT. Apresentação no "XXVI Annual Latin American Petrochemical Seminar", 10 nov. 2006.
- PAROLIN, João B. *"Petroquímica brasileira: matérias-primas e novas tecnologias"*. Apresentado no IV Congresso da Indústria Química do Mercosul/VIII Congresso Brasileiro da Indústria Petroquímica", IBP, Rio de Janeiro, 18-20 mai. 2008.
- PEREIRA, Roberta A. et al. *Tendências tecnológicas e mercadológicas dos principais produtos petroquímicos básicos: eteno e propeno*. IV PDPETRO, Campinas, São Paulo, 21-24 out. 2007.
- Petrobras. *"Foco Petrobras/Petroquisa"*. Apresentação de Aquino, Paulo C. A. no "IV Congresso da Indústria Química do Mercosul/VIII Congresso Brasileiro da Indústria Petroquímica", IBP, Rio de Janeiro, 18-20 mai. 2008.
- PETRO & QUÍMICA. "O futuro da petroquímica". *Petro & Química*, n. 293, 2007. Disponível em: <<http://www.editoravalete.com.br/site%5Fpetroquímica/>>. Acesso em: 8.1.2009.

- QUIMAX REPORT. The QuiMax Montly Report, diversos números. Disponível em: <<http://www.quimaxlatin.com>>. REISCH, Marc S. "75 years of industrial progress: from coal tar to crafting wealth of diversity". C&EM Northeast News Bureau, American Chemical Society, Chemical & Engineering News, 12 jan. 1998.
- SANCHES, Cláudio B. et al. *Aspectos técnicos e econômicos da metátese de olefinas com destaque para o cenário brasileiro*. Apresentado no "IV Congresso da Indústria Química do Mercosul/ VIII Congresso Brasileiro da Indústria Petroquímica", IBP, Rio de Janeiro, 18-20 mai. 2008.
- SANTOS, Daniela T. dos. "Padrão de mudança econômica das empresas químicas e petroquímicas mundiais". *Ensaio FEE*, Porto Alegre, v. 27, p. 93-108, mai. 2006.
- SBRT/RETEC – SERVIÇO BRASILEIRO DE RESPOSTAS TÉCNICAS/REDE DE TECNOLOGIA DA BAHIA, 27.07.2007. Disponível em: <<http://www.sbrt.ibict.br>>. Acesso em: 28.5.2008.
- SILVEIRA, José Maria F. J. et al. *Uma agenda de competitividade para a indústria paulista: indústria petroquímica*. São Paulo: IPT/ Secretaria de Desenvolvimento do Estado de São Paulo, fev. 2008.
- SPARSHOTT, Andrew. *Russia's expanding petrochemical industry*. Cirec, apresentado no "V Global Petrochemicals Conference", Dusseldorf, 4-6 mar. 2008.
- VALOR. "Petróleo vai acabar e etanol ganhará espaço, avalia professor da USP", 29.5.2005.

BIOTECNOLOGIA PARA SAÚDE HUMANA: TECNOLOGIAS, APLICAÇÕES E INSERÇÃO NA INDÚSTRIA FARMACÊUTICA

Carla Reis

Luciana Xavier de Lemos Capanema

Pedro Lins Palmeira Filho

João Paulo Pieroni

José Oswaldo Barros

Leandro Gomes da Silva*

** Respectivamente, economista, gerente, chefe de departamento, economista, economista e estagiário do Departamento de Produtos Intermediários Químicos e Farmacêuticos da Área Industrial do BNDES.*

Resumo

As potencialidades de aplicação da biotecnologia no campo da saúde são muitas e têm atraído o interesse não apenas de cientistas, mas também da indústria, de investidores privados e dos gestores de políticas públicas em todo o mundo.

No sentido de contribuir para a organização e o desenvolvimento do complexo industrial da saúde no Brasil, é necessário entender melhor as apostas que estão sendo feitas em nível mundial, tanto pela indústria, em termos de aplicações, quanto pelo meio científico, em novos desdobramentos tecnológicos e ramos de pesquisa.

O objetivo deste artigo é contextualizar a inserção da biotecnologia na indústria farmacêutica mundial. Para isso, faz-se um panorama de algumas das principais aplicações da biotecnologia para saúde, relacionando-as às tecnologias utilizadas. Em seguida, observam-se estratégias adotadas na indústria farmacêutica associadas à incorporação dessa vertente tecnológica, em contraposição ao modelo de negócio preponderante nas empresas de biotecnologia.

Embora seja um termo geralmente revestido de uma conotação futurista, a biotecnologia não é uma novidade. Ao contrário, a humanidade vem utilizando processos biológicos para obtenção de produtos há milhares de anos. No entanto, a partir da segunda metade do século XX, o conhecimento científico sobre os processos biológicos se aprofundou rapidamente, o que melhorou a compreensão da ciência sobre uma série de fenômenos e proporcionou o desenvolvimento de novas tecnologias consideradas capazes de impactar radicalmente a ciência, a produção e, conseqüentemente, a sociedade.

A biotecnologia moderna trabalha com partes de organismos (células e moléculas), frequentemente modificando-as com técnicas de engenharia genética, em contraposição à biotecnologia clássica, que utiliza organismos vivos em sua forma original e melhoramento genético tradicional [Silveira e Borges (2004)].

Formas de vida complexas são compostas de vários tipos diferentes de células, habilitadas para executar tarefas específicas. As funções celulares são realizadas por diferentes proteínas, enquanto o ácido desoxirribonucleico (DNA) comanda os processos celulares, definindo quais proteínas devem ser produzidas e em que quantidade. Apesar da diversidade de suas funções, as células são bastante similares em termos de seus componentes e dos processos que utilizam. Por isso, as informações e especificações contidas no DNA de uma célula podem ser lidas e implementadas por outras células em outros organismos vivos.

Em 1953, James Watson e Francis Crick identificaram o DNA como o código genético que define todas as características e o funcionamento dos organismos vivos. Vinte anos depois, a descoberta da técnica de DNA recombinante, publicada em 1973 por Stanley Cohen e Herbert Boyer, permitiu a criação de células artificialmente construídas para produzir proteínas encontradas na natureza ou novas proteínas. O próprio Boyer uniu-se ao investidor de risco Robert Swanson para, juntos, fundarem em San Francisco, nos Estados Unidos, a Genentech, considerada a primeira empresa de biotecnologia do mundo.

O desenvolvimento da ciência seguiu gerando novas descobertas que aperfeiçoaram rapidamente a compreensão dos mecanismos celulares e se ramificaram em novos campos do conhecimento. Em paralelo, o reconhecimento legal dos produtos dessas novas técnicas como invenções passíveis de serem patenteadas e, portanto, potencialmente lucrativas, abriu caminho para o surgimento de novas empresas de base científica, voltadas para o desenvolvimento de aplicações comerciais ou prestação de serviços nesses novos campos do conhecimento [Burns (2005)].

As potencialidades de aplicação da biotecnologia são muitas e têm atraído o interesse não apenas de cientistas, mas também da indústria, de investidores privados e dos gestores de políticas públicas em todo o mundo. Os novos campos científicos da biotecnologia têm aplicações transversais e entre os principais setores impactados destacam-se agropecuária e alimentos, a indústria química e a farmacêutica.

O foco deste trabalho é a biotecnologia aplicada à saúde humana. Para esse propósito, a definição de indústria farmacêutica adotada não se restringe ao desenvolvimento e à produção de fármacos e medicamentos, mas engloba também outros segmentos nos quais atuam grandes empresas farmacêuticas, tais como o desenvolvimento e a produção de vacinas e reagentes para diagnóstico, além de novas formas terapêuticas, como a terapia celular e a terapia gênica. Ressalta-se ainda que este artigo não se propõe a abordar a interface entre a biotecnologia e os segmentos de equipamentos e materiais médicos e odontológicos.

Com a finalidade de contribuir para a organização e o desenvolvimento do complexo industrial da saúde no Brasil, é necessário entender melhor as apostas que estão sendo feitas em nível mundial, tanto pela indústria, em termos de aplicações, quanto pelo meio científico, em novos desdobramentos tecnológicos e ramos de pesquisa.

O objetivo deste artigo é contextualizar a inserção da biotecnologia na indústria farmacêutica mundial, com vistas a, em uma próxima etapa, analisar o caso brasileiro. Para isso, na segunda seção, apresenta-se o panorama de algumas das principais aplicações da biotecnologia para saúde, relacionando-as às tecnologias utilizadas. Na terceira seção, observam-se estratégias adotadas na indústria farmacêutica associadas à incorporação dessa vertente tecnológica, em contraposição ao modelo de negócio preponderante nas empresas de biotecnologia. Ao final, são feitas considerações sobre a inserção mundial da biotecnologia na indústria de saúde e levantam-se alguns pontos merecedores de maior aprofundamento para futuras reflexões sobre a biotecnologia e seu papel para o desenvolvimento do complexo industrial da saúde no Brasil.

Aplicações da Biotecnologia em Saúde

Na indústria de saúde, a biotecnologia tem um amplo espectro de aplicações. Algumas tecnologias têm caráter mais específico e outras são transversais, perpassando as cadeias de desenvolvimento e produção de diversos segmentos. Não é o propósito deste artigo estudar com profundidade todos os campos da biotecnologia. Serão abordados apenas alguns conceitos mais elementares e as principais aplicações para fundamentar a visão apresentada sobre a inserção da biotecnologia na indústria de saúde.

Tecnologias

DNA Recombinante

As proteínas têm grande importância terapêutica, mas, por se tratar de moléculas muito grandes e complexas – até mil vezes maiores que fármacos sintéticos –, não se dispõe de tecnologia para obtê-las por síntese química. Antes do advento da tecnologia do DNA recombinante (DNAr), o único método conhecido de produção de proteínas era o isolamento a partir de fontes naturais. Produziam-se insulina do pâncreas triturado de porcos, fator VIII a partir de sangue humano e hormônio de crescimento proveniente da glândula pituitária de cadáveres.

A tecnologia do DNA recombinante surgiu a partir do desenvolvimento de um protocolo para a manipulação de DNA de células visando a orientá-las para a produção de proteínas específicas. Consistia em isolar o DNA de interesse – produtor da proteína desejada –, inseri-lo em uma bactéria ou célula e isolar e purificar as proteínas produzidas nesse processo.

O DNA recombinante abriu novos campos, não só de possibilidades terapêuticas, mas também para o entendimento das causas de doenças. Nesse sentido, pode ser utilizado para sintetizar enzimas e receptores causadores ou envolvidos em processos de doenças, facilitando o estudo de possíveis alvos para o desenvolvimento de medicamentos. Por causa de suas vastas possibilidades, a tecnologia do DNA recombinante é muitas vezes referida como a pedra fundamental da biotecnologia moderna.

Os primeiros produtos recombinantes vieram justamente para substituir as proteínas terapêuticas que já eram obtidas de fontes naturais, como a insulina (1982), o hormônio de crescimento (1985) e o fator VIII (1992), que apresentavam risco de segurança e limitações de quantidade.

Alguns dos principais produtos comerciais à base de proteínas obtidas por DNA recombinante são para o tratamento de anemia (eritropoetina, EPO); hemofilia (fatores de coagulação VIII e IX); neutropenia (G-CSF e GM-CSF); hepatite (interferon) e infarto agudo do miocárdio (t-PA).

Os anticorpos naturais são produzidos por células do sistema imunológico, denominadas linfócitos, para defesa do organismo contra partículas ou moléculas identificadas como corpos estranhos (antígenos).

Os anticorpos monoclonais (AM) são produzidos por células artificiais chamadas de hibridomas. Um hibridoma é uma célula

Anticorpos Monoclonais

construída pela fusão de um linfócito clonado com uma célula tumoral. Herdam das células tumorais a capacidade de se replicar indefinidamente, sendo, por isso, conhecidos como células imortais.

Uma vez desenvolvidos, esses hibridomas podem produzir, em escala industrial, anticorpos sempre idênticos em especificidade, estrutura e afinidade. A invenção da técnica de produção de anticorpos monoclonais é atribuída a Kohler e Milstein em 1975 [Pisano (2006)].

Um gene é uma região do DNA formada por uma sequência de nucleotídeos capaz de determinar ou influenciar alguma característica específica em um organismo. Os nucleotídeos são compostos de uma base nitrogenada, uma pentose e um fosfato, e são as unidades que formam a sequência do DNA ou RNA. No DNA, encontram-se as bases adenina (A), guanina (G), citosina (C) e timina (T) e, no RNA, esta última é substituída pelo uracil (U). As sequências de letras iniciais das bases representam as sequências de DNA ou RNA.

A genômica é um ramo da bioquímica que examina as sequências de DNA e as funções gênicas dos organismos e divide-se em genômica estrutural e genômica funcional [Pisano (2006)].

A genômica estrutural é o ramo que estuda e compara a estrutura sequencial do DNA de diversos indivíduos. Além de identificar os genes, é preciso conhecer suas funções, que proteínas codificam e que funções têm essas proteínas. Esse campo é chamado de genômica funcional.

O estudo da genômica iniciou-se em meados da década de 1970, com a invenção da primeira técnica, ainda bastante manual, para leitura do código genético (sequenciamento de genes). A partir da técnica de reação de cadeia polimerase (PCR), do início dos anos 1980, que permitia ampliar seletivamente os fragmentos de DNA, produziu-se rapidamente um volume grande de material para estudos de genômica. Em 1986, foi desenvolvido o primeiro sistema automático para sequenciamento de DNA, capaz de analisar 300 pares de bases a cada 12 horas. A evolução foi rápida, de modo que, em 1995, já havia um sequenciador capaz de ler 7.200 pares de bases por hora. Em 2003, o consórcio responsável anunciou que estava completado o projeto de sequenciamento do genoma humano (3 milhões de pares de bases).

A proteômica é o estudo da estrutura e da função das proteínas. É ainda mais complexa que a genômica, visto que, se há

no genoma humano cerca de 25 mil genes, as estimativas sobre o número de proteínas chegam a 20 milhões. As ferramentas disponíveis para o estudo da proteômica não são tão sofisticadas e requerem, ainda, etapas manuais.

Além da complexidade quantitativa, o processo de expressão das proteínas tem, geralmente, baixíssima tolerância a desvios de seus parâmetros, ou seja, pequenas interferências no processo podem modificar a forma final da proteína produzida e, por conseguinte, sua ação terapêutica. Vale ainda mencionar que algumas proteínas, após serem expressas pelos micro-organismos ou células modificadas, sofrem modificações pós-traducionais, combinam-se ou são ativadas ao reagir com outros elementos.

A clonagem é um mecanismo comum de propagação da espécie em plantas ou bactérias. Clones são moléculas, células ou organismos que se originaram de uma única célula e que são idênticos à original e entre si.

Clonagem

A clonagem molecular ou de genes é largamente utilizada em pesquisas e tem interações com muitas aplicações em biotecnologia, pois a utilização de moléculas clonadas permite um controle maior de variáveis de pesquisa. Essa técnica possibilitou a identificação, a localização e a caracterização de genes, a criação de mapas genéticos e o sequenciamento de genomas, entre outras.

Embora tenha se tornado conhecida do grande público em 1997, com a clonagem da ovelha Dolly, a tecnologia vinha sendo desenvolvida e testada desde os anos 1950. Dolly foi considerada uma ruptura científica, não por ser o clone de um mamífero, mas por ter sido produzida com base no material genético de uma célula adulta e não de um embrião.

A clonagem de embrião é a forma mais simples de obter um clone. Consiste na replicação *in vitro* do processo de divisão celular natural que gera gêmeos idênticos (univitelinos), com a posterior implantação dos embriões resultantes no útero de “mães de aluguel”. O processo mais sofisticado, utilizado no caso da ovelha Dolly, consiste na transferência do núcleo de uma célula somática (i.e., não reprodutiva) para um óvulo cujo núcleo tenha sido retirado. Com alguma manipulação química, o óvulo passa a se comportar como um ovo fertilizado e pode ser implantado.

As descobertas relacionadas à clonagem de organismos complexos têm chamado a atenção do grande público. Todavia,

para a ciência médica, uma aplicação mais relevante é a clonagem terapêutica, utilizada na produção de células-tronco. Ela consiste em substituir o núcleo de um óvulo pelo de uma célula somática, sem, contudo, implantá-lo. Ao deixar que a célula resultante se multiplique em laboratório, são produzidas células-tronco pluripotentes, capazes de fabricar diversos tecidos.

Células-Tronco

Células-tronco (CT) são células genéricas que têm a capacidade de se regenerar e se diferenciar, transformando-se em células de diversos tipos. Por suas potenciais aplicações, há grande interesse científico nas técnicas para sua obtenção, manipulação e utilização para fins terapêuticos.

Logo após a fecundação de um óvulo por um espermatozóide, a célula resultante começa a se dividir. Até a fase em que a divisão gerou oito células, cada uma delas é capaz de se desenvolver em um ser humano completo – são as chamadas células totipotentes.

Na fase de oito a 16 células, ocorre a separação entre as células que formarão a placenta e anexos embrionários e aquelas que continuarão se dividindo no embrião. Na fase de blastocisto, que ocorre por volta do quarto dia após a fecundação, o embrião tem cerca de cem células. Essas células-tronco embrionárias são pluripotentes, ou seja, capazes de gerar todos os tipos de tecidos que formam o organismo humano.

A fonte mais comum dessas células para pesquisa e uso terapêutico são embriões doados, não utilizados em processos de fertilização *in vitro*. Além de serem pluripotentes, as células-tronco embrionárias são encontradas em grandes quantidades e são superiores também em facilidade de manipulação e rendimento. Por isso, há o interesse de cientistas em todo o mundo em obter permissão para trabalhar com elas, apesar da polêmica envolvida no uso de embriões para fins de pesquisa.

Passada a fase de blastocisto, as células do embrião começam a se diferenciar nos vários tecidos que vão compor o corpo humano. Neles, são encontradas células-tronco adultas, chamadas de multipotentes ou tecido-específicas, que têm capacidade mais limitada de se diferenciar, pois mantêm as características do tecido de onde foram obtidas.

As principais aplicações da biotecnologia para a indústria farmacêutica são as seguintes: i) suporte à pesquisa e ao desenvolvimento (P&D) farmacêutico, de modo geral; ii) desenvolvimento e produção de biofármacos; iii) desenvolvimento e produção de *kits* e reagentes para diagnóstico; iv) desenvolvimento e produção de vacinas; v) terapia gênica; e vi) terapia celular ou de reposição de órgãos e tecidos.

Aplicações

O processo de P&D farmacêutico se sofisticou significativamente ao longo dos últimos trinta anos, com o surgimento de novas ferramentas, não só de base biotecnológica, mas também combinando tecnologia da informação e química avançada. Muitas dessas ferramentas são de utilização ampla em diversas etapas da cadeia de desenvolvimento de um medicamento.

Suporte a P&D Farmacêutico

As etapas de descoberta e desenvolvimento de um medicamento podem ser descritas da seguinte forma [Burns (2005)]:



As três primeiras fases do esquema acima compreendem a descoberta de um composto-candidato a medicamento. Uma vez selecionado, este composto-candidato segue para as fases de desenvolvimento, quando são realizados os testes pré-clínicos, voltados principalmente para a avaliação da segurança, e os testes clínicos em seres humanos, voltados para a validação da eficácia e da segurança e para a otimização das doses.

Na fase de descoberta, a evolução do conhecimento científico, passando do entendimento da biologia dos tecidos para a análise das células e a compreensão das estruturas moleculares das doenças, permitiu a identificação mais precisa de alvos, possibilitando o tratamento de doenças complexas, anteriormente não atendidas pela indústria. Além disso, são utilizados química combinatoria para síntese em massa de novas moléculas químicas e bancos de dados complexos e *high throughput screening* (HTS) para a seleção de compostos-candidatos.

A fase de desenvolvimento pré-clínico se beneficia das novas tecnologias ampliando as possibilidades de realização de testes em células que podem substituir parcialmente os modelos animais. As etapas dos testes pré-clínicos e clínicos ganham também com as tecnologias que proporcionam maior precisão, rapidez e robustez nos diagnósticos.

Biofármacos

Biofármacos são fármacos produzidos por rota biotecnológica. Geralmente, a expressão biofármaco refere-se a proteínas obtidas pela tecnologia de DNA recombinante ou a anticorpos monoclonais. Ao contrário dos farmoquímicos, obtidos por meio da combinação de substâncias químicas, os biofármacos geralmente envolvem o cultivo de células ou micro-organismos e sua modificação para a produção (expressão) de substâncias em condições controladas.

As proteínas recombinantes com sequência de aminoácidos idêntica à das proteínas naturais, voltadas para a reposição ou o aumento do nível das mesmas, são chamadas de biofármacos de primeira geração.

Muitos dos biofármacos recentemente aprovados já são de segunda geração. Trata-se de proteínas modificadas para apresentar propriedades terapêuticas diferenciadas em relação às naturais. Por meio de alterações relativamente pequenas na estrutura da proteína original, pode-se, por exemplo, controlar a duração do efeito terapêutico [Castilho (2008)], como é o caso das diversas versões de insulina disponíveis no mercado, que têm efeitos diferenciados, atendendo melhor às necessidades de pacientes distintos.

Outra tecnologia que se destaca na produção de biofármacos são os anticorpos monoclonais. Paul Ehrlich, no início do século XX, propôs que, se fosse possível encontrar um elemento que mirasse seletivamente em um agente causador de doença, então, esse elemento poderia carregar uma toxina para esse agente [Pisano (2006)].

A enorme especificidade dos anticorpos os torna poderosas ferramentas de diagnóstico. Eles podem detectar e mensurar com grande precisão pequenas quantidades de substâncias específicas. Dessa seletividade deriva também sua aplicação terapêutica, pois os anticorpos monoclonais são capazes de direcionar um medicamento para uma célula ou tecido específico, evitando efeitos indesejáveis em outras células ou tecidos não-alvo.

As primeiras versões de anticorpos monoclonais utilizados como biofármacos eram provenientes de células de roedores (murinas). Porém, uma vez inoculados em humanos, seu sistema imunológico os identificava como antígenos e os atacava. Para reduzir o problema, cientistas criaram anticorpos quiméricos, que combinam as partes dos anticorpos de roedores que se ligam aos antígenos com partes de anticorpos humanos verdadeiros. Na tentativa de minimizar a resposta imunológica do corpo humano, avançou-se para a fabricação de anticorpos humanizados, utilizando uma parte ainda menor dos anticorpos de murinos.

Algumas das principais aplicações de anticorpos monoclonais até o momento são para atingir seletivamente células cancerosas e diagnosticar doenças infecciosas. Há ainda potencial para seu uso em tratamento de rejeição de órgãos transplantados e doenças autoimunes.

A biotecnologia reduziu os custos de diagnósticos ao proporcionar a realização de testes diversos com uma única amostra de sangue. Permitiu o desenvolvimento dos chamados testes rápidos, de utilização simples e leitura fácil, substituindo com vantagens alguns testes convencionais.

Diagnóstico

Muitos novos testes são portáteis e permitem que o médico os realize no local da consulta e decida imediatamente qual o tipo de tratamento necessário, sem que seja preciso enviar a um laboratório. Como são testes de fácil realização, baseados em cores, por exemplo, como os testes de farmácia para gravidez, não exigem pessoal qualificado, equipamentos de laboratório ou infraestrutura cara, ampliando sua aplicabilidade.

Outro segmento importante que se desenvolveu com o avanço da biotecnologia foi o de ensaios moleculares, com alto conteúdo tecnológico e, geralmente, de maior sensibilidade e precisão.

Reduziu-se a necessidade de procedimentos custosos e invasivos, envolvendo cirurgias, com a utilização de testes mais confortáveis para o usuário. Assim, hoje é possível utilizar testes de base biotecnológica para diagnosticar alguns tipos de câncer pela amostra sanguínea.

Além dos ganhos em custos, precisão e rapidez, a biotecnologia acena também com a possibilidade de diagnóstico precoce, que melhora os prognósticos dos pacientes. Pesquisas em proteômica encontraram marcadores que indicam doenças em fase muito inicial, antes que sejam visíveis alterações celulares ou sintomas. Espera-se que, cada vez mais, haverá testes capazes de detectar esses biomarcadores antes do início do processo das doenças.

O desenvolvimento de um reagente para diagnóstico é significativamente mais barato e mais rápido do que o de uma vacina ou de um medicamento. Não são exigidos testes pré-clínicos e clínicos, o que reduz significativamente o custo do desenvolvimento e abrevia muito o tempo entre as fases de descoberta e de início do processo de produção. Esses fatores também minimizam as barreiras à entrada de empresas de menor porte nesse segmento.

A indústria de reagentes para diagnóstico ainda é pequena, em relação ao tamanho do mercado farmacêutico, mas espera-se um forte crescimento nos próximos anos, motivado pela evolução da chamada medicina personalizada.

A medicina personalizada reflete-se, até o momento, na perspectiva crescente de intervenções de base genética, mais do que em tratamentos individualizados, de fato. Um de seus pilares fundamentais é a ideia de que, se for possível identificar perfis ou tipos de pacientes, medicamentos mais adequados em eficiência e segurança podem ser desenvolvidos para esses grupos. Além disso, com a compreensão da biologia humana no nível molecular, podem-se identificar respostas diferentes de pacientes a uma mesma droga e predisposições individuais ou de determinados grupos a doenças específicas.

O foco em intervenções de base genética muda o papel do diagnóstico na indústria de saúde. Além da crescente importância das competências em diagnóstico para o processo de desenvolvimento de medicamentos, os testes tendem a se tornar parte do pacote terapêutico. As drogas desenhadas para atacar genes específicos irão requerer aprovação simultânea de testes diagnósticos e produtos terapêuticos pelas agências reguladoras.

Com essa perspectiva, as grandes empresas farmacêuticas têm feito acordos com empresas de diagnóstico ou têm desenvolvido essas competências internamente. Ganham valor as ferramentas e os produtos voltados para a predição de doenças pelo conhecimento da genética individual e para a identificação precisa das existentes e a compreensão de seu estágio evolutivo. Ao serem oferecidos o diagnóstico e o medicamento de modo combinado, é possível caminhar em direção a tratamentos não apenas eficazes, mas também mais eficientes para os diversos perfis de pacientes.

Nessa última década, foram identificados inúmeros genes associados a doenças genéticas, mas o mecanismo molecular não foi ainda identificado em grande parte delas.

A informação da genômica deverá proporcionar diagnósticos precoces de doenças hereditárias, como diabetes tipo I, fibrose cística, Alzheimer e Parkinson, que só eram detectáveis depois do aparecimento dos sintomas. Também torna-se possível, com testes genéticos, identificar predisposição a alguns tipos de câncer, osteoporose, enfisema, diabetes tipo II e asma, possibilitando a prevenção dessas doenças.

Em 1998, o Food and Drug Administration (FDA) aprovou a primeira droga considerada farmacogenômica – o Herceptin (trastuzumab), um anticorpo monoclonal para tratamento de um tipo es-

pecífico de câncer de mama –, combinada com testes diagnósticos para identificação do gene causador da doença [Hu et al. (2005)].

Apesar da rapidez com que se desenvolveu esse ramo da biotecnologia e das grandes expectativas geradas, ainda há muito que avançar. Um complicador é que poucas doenças podem ser atribuídas a um único gene defeituoso: geralmente, há vários genes envolvidos e às vezes a doença pode ser atribuída à forma como o gene ou os genes relacionam-se com o meio ambiente.

Vacinas visam à produção de imunidade a doenças pelo estímulo à produção de anticorpos específicos [WHO (2009)]. Com a exposição deliberada do indivíduo a um antígeno, em condições nas quais a doença não pode evoluir, obtém-se, como consequência, imunidade à mesma.

Vacinas

Apesar de serem, do ponto de vista da saúde pública, as formas historicamente mais eficazes de evitar doenças, o desenvolvimento e a produção de vacinas perderam importância na estratégia da indústria farmacêutica ao longo do tempo. Segundo reportagem da revista *Nature Biotechnology* de setembro de 2005, apenas cinco empresas produziam vacinas em 2005, comparadas com as mais de 25 que o faziam em 1967 [Forde (2005)].

As vacinas precisam alcançar um nível de segurança extremamente elevado, visto que – ao contrário de medicamentos terapêuticos, utilizados para tratar grupos restritos de doentes – são, tradicionalmente, ministradas a um amplo número de indivíduos ainda saudáveis. Além do requisito de segurança, as vacinas devem ser eficazes, estáveis e de baixo custo, para que possam atingir o objetivo, na maioria dos casos, de utilização universal.

Por isso, o segmento de vacinas apresenta margens de lucro menores e altos custos fixos de produção. O processo de desenvolvimento é longo e são crescentes as exigências de regulação para testes, licenciamento e produção.

As primeiras gerações de vacinas são oriundas de vírus ou bactérias inativados (mortos) ou atenuados. Já as vacinas de segunda geração utilizam a tecnologia do DNA recombinante. Estas vacinas recombinantes geralmente são voltadas para a prevenção do mesmo tipo de enfermidades das vacinas convencionais. No entanto, representam um grande salto qualitativo, pois são mais seguras, menos passíveis de contaminação no processo produtivo e podem ser também mais eficazes.

Nas vacinas recombinantes, os genes produtores dos antígenos de interesse são inseridos em uma molécula transportadora, denominada vetor, que pode ser, por exemplo, um vírus de baixa virulência. O próprio vetor pode ser usado como vacina ou o antígeno pode ser expressado e purificado em laboratório e, posteriormente, injetado. A vantagem desta tecnologia, em relação aos métodos tradicionais, é que o vetor pode ser selecionado segundo características de segurança e produtividade, reduzindo o custo de produção. A desvantagem é que o custo de desenvolvimento é mais elevado, por causa da necessidade de localizar, clonar e expressar no vetor os genes para os antígenos de interesse. Um exemplo de sucesso já disponível para uso em humanos é a vacina recombinante contra o vírus da hepatite B (HBV).

A terceira e mais avançada geração de vacinas vem despertando maior interesse da indústria farmacêutica. São as chamadas vacinas gênicas ou vacinas de DNA. Assim como nas vacinas recombinantes, os genes para o antígeno de interesse são localizados e clonados. No entanto, nesse caso, o DNA é injetado diretamente no músculo da pessoa ou animal a ser vacinado, com uma espécie de pistola de ar comprimido que espalha o DNA nas células musculares. Ao absorver o DNA com o código do antígeno de interesse, as células musculares passam a expressá-lo, desencadeando, assim, a desejada resposta imunológica.

As vacinas de DNA apresentam vantagens econômicas, técnicas e logísticas. Têm custo de produção em larga escala reduzido, controle de qualidade mais simples e não precisam ser mantidas em ambiente refrigerado. Contudo, há desvantagens associadas principalmente à possibilidade de efeitos negativos de uma integração do DNA injetado ao genoma hospedeiro.

Essas tecnologias podem ser usadas também para o desenvolvimento das chamadas vacinas terapêuticas, que visam a controlar doenças já existentes. A lógica dessas vacinas é acionar o sistema imunológico para que ele mesmo seja capaz de combater e eliminar o patógeno causador da doença. No caso das vacinas contra o câncer, por exemplo, a ideia é que elas estimulem o sistema imunológico a detectar e atacar as células tumorais sem afetar as demais. As vacinas em desenvolvimento contra o HIV seguem o mesmo princípio, ou seja, visam restaurar ou preservar a resposta imune anti-HIV.

Terapia Gênica

Terapia gênica, terapia genética ou geneterapia é a inserção de genes nas células e tecidos de um indivíduo com vistas a reparar problemas causados por genes defeituosos ou ausentes. A ideia começou a se mostrar realizável a partir de desenvolvimentos

da tecnologia do DNA recombinante, com a introdução de genes humanos em bactérias para a produção de proteínas humanas, como a insulina.

Geralmente, o processo de substituição de um gene defeituoso ou inserção de um faltante é feito por meio de um vetor que “infecta” as células-alvo com o gene terapêutico. Esse processo pode ocorrer fora do corpo, sendo as células modificadas depois transplantadas para o paciente (*ex vivo*), ou diretamente dentro do corpo (*in vivo*), pela inoculação do vetor no próprio paciente.

A primeira terapia gênica autorizada foi realizada em 1990, por pesquisadores do National Institutes of Health (NIH), dos Estados Unidos, em uma menina de quatro anos, portadora de imunodeficiência combinada grave. O processo, de forma simplificada, consistiu na retirada de alguns de seus glóbulos brancos, que tiveram, então, incluído o gene faltante, e foram reinseridos posteriormente na paciente. Apesar de bem-sucedido, o procedimento não proporcionou uma cura definitiva: os glóbulos brancos tratados geneticamente funcionaram por poucos meses, e o processo teve de ser frequentemente repetido.

Algumas dificuldades já identificadas da terapia gênica são as seguintes: i) pacientes podem ter de se submeter várias vezes à terapia, seja por problemas com a integração do DNA terapêutico dentro das células-alvo ou pela curta vida útil das células; ii) muitas vezes, as doenças são causadas por alterações em vários genes e seus efeitos combinados, dificultando o tratamento eficaz via terapia genética; iii) se o DNA for integrado no lugar errado do genoma, por exemplo, em um gene supressor tumoral, poderá induzir o surgimento de um tumor; e iv) possibilidade de rejeição pelo sistema imunológico, por não reconhecer o novo gene e rejeitar as células portadoras do mesmo.

A insegurança associada aos possíveis efeitos colaterais da terapia gênica tem gerado cautela nas agências reguladoras, refletindo-se em exigências mais abrangentes de testes e adiamento da aprovação de terapias. Em 2003, foi noticiada a primeira aprovação comercial de terapia gênica, para o tratamento de um tipo específico de câncer de cabeça e pescoço, autorizada pelo órgão regulador chinês. Atualmente, já há pedido de registro para terapia gênica, bastante similar à autorizada na China, em tramitação no órgão regulador norte-americano.

Terapia celular consiste em tratamento de pacientes com transplante de células ou tecidos para recuperação de tecidos da-

Terapia Celular

nificados por doenças ou traumas. A terapia celular torna-se uma possibilidade a partir dos desenvolvimentos das tecnologias de clonagem e do conhecimento das células-tronco.

A produção em laboratório de células ou tecidos específicos voltados para reposição deverá ser baseada em células-tronco. No caso da utilização de células-tronco embrionárias, uma dificuldade apontada deve ser a compatibilidade, tal qual ocorre nos transplantes heterólogos de órgãos.

Em janeiro de 2009 foi concedida pelo FDA a primeira autorização para testes em seres humanos de uma terapia à base de células-tronco embrionárias. Estas células serão injetadas em pacientes com paralisia causada por lesão grave na medula espinhal. Além da possibilidade de rejeição das células transplantadas, acredita-se que também há risco de formação de tumores. No entanto, a autorização do órgão regulatório norte-americano para a realização de testes clínicos reforça a percepção de que são muitos os benefícios potenciais da terapia celular.

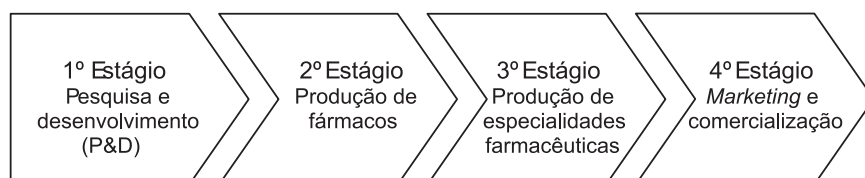
Com a possibilidade de as células-tronco utilizadas na terapia serem do próprio paciente, espera-se solucionar a questão da rejeição. Com esse propósito, estão sendo desenvolvidas técnicas para a produção de células-tronco pluripotentes induzidas por reprogramação celular de células adultas. Essa tecnologia promete eliminar o problema da compatibilidade doador-receptor, pois permite utilização de células-tronco produzidas de material genético do próprio paciente. Recentemente, grupos de pesquisa brasileiros obtiveram resultados positivos na reprogramação de células epiteliais e renais.

Estrutura da Indústria, Estratégias e Modelos de Negócios

Características Estruturais do Setor Farmacêutico

Altamente concentrado e oligopolizado, o setor farmacêutico caracteriza-se por elevado conteúdo técnico-científico, alta dependência da pesquisa básica e longo tempo de maturação até a introdução de novos produtos no mercado. É fortemente baseado no sistema de patentes e apresenta grandes necessidades de capital, tanto para o desenvolvimento de novos produtos quanto para a posterior comercialização dos medicamentos produzidos.

A estrutura da cadeia produtiva da indústria farmacêutica pode ser entendida pela proposta de classificação de seus estágios evolutivos, elaborada pela Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (Cepal) e apresentada a seguir [Palmeira Filho e Pan (2003)].



As grandes multinacionais da indústria farmacêutica operam nos quatro estágios, distribuídos pelos mais diversos países, de acordo com a infraestrutura existente nesses países e com suas estratégias globais. A incorporação de um desses estágios, tanto por uma empresa quanto por um país, implica a transposição de significativas barreiras de entrada, econômicas e institucionais. Por isso, necessita do apoio de políticas de médio e longo prazos tanto governamentais quanto das empresas [Frenkel (2001)].

Segundo Silva (1999), os grandes laboratórios internacionais utilizam como sustentação de suas vendas a diferenciação de produto obtida de duas formas: i) por meio da inovação, traduzida no lançamento de novos produtos; e ii) por meio de intensivos gastos em *marketing*. No mundo, essa indústria investe cerca de 15% de suas vendas em P&D de novos medicamentos. Os retornos provenientes dessa atividade de alto risco têm sua apropriabilidade assegurada pelo instrumento da patente, amplamente difundido na indústria farmacêutica [Capanema e Palmeira (2007)].

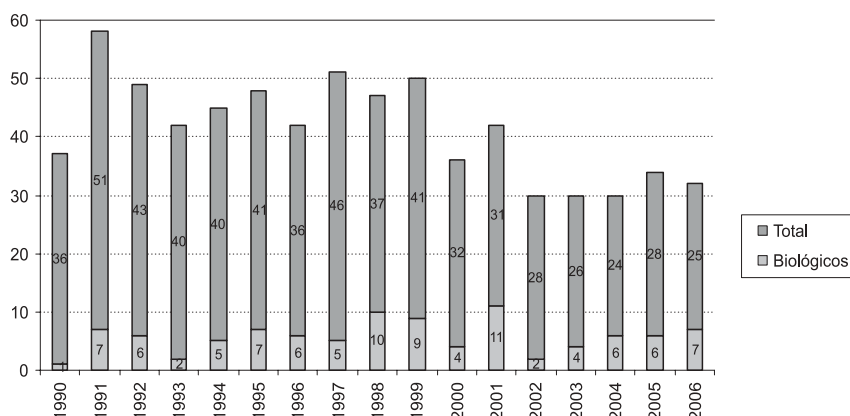
O ritmo de lançamento de novos medicamentos tem diminuído nos últimos anos. Como pode ser observado na Figura 1, o número de novas moléculas lançadas no mundo oscilou durante a década de 1990 entre quarenta e cinquenta por ano. Nos anos 2000, houve uma mudança de patamar no número de lançamentos, que passou a situar-se em torno de trinta novas moléculas por ano.

Apesar do crescimento do volume de recursos investido em P&D e das novas tecnologias disponíveis para o apoio ao processo de descoberta e desenvolvimento de novas drogas, a produtividade da P&D vem caindo na indústria farmacêutica. Estudos apontam que as chances de uma molécula passar por todas as fases de pesquisa, desenvolvimento e aprovação e chegar ao mercado variam de 1 em 5.000 a 1 em 10.000 [EFPIA (2008)]. O custo associado ao processo completo de pesquisa e desenvolvimento de uma nova molécula química até sua chegada ao mercado foi estimado em cerca de US\$ 1,3 bilhão, em 2006. No caso de um biológico, o custo é semelhante, de cerca de US\$ 1,2 bilhão [Dimasi e Grabowski (2007)].

Mudanças Estruturais e Estratégias das Empresas Farmacêuticas

Figura 1

Número de Novas Moléculas Lançadas no Mundo (1990–2006)



Fonte: EFPIA.

Essa situação pode ser atribuída, em parte, ao aumento dos custos das pesquisas de fase clínica, envolvendo maior número de pessoas e testes mais sofisticados, em consequência do crescente rigor exigido pelas agências reguladoras para registro de novos medicamentos. Além dos testes clínicos, a tendência de incorporação de ferramentas tecnológicas mais sofisticadas em outras fases do P&D também pode ter como contrapartida um aumento do custo.

Dois outros fenômenos somam-se à dificuldade enfrentada pelo setor nos novos desenvolvimentos, representando ameaças de médio prazo aos lucros do setor: de um lado, a iminência do vencimento de patentes de medicamentos muito lucrativos, que têm peso significativo no faturamento das grandes empresas farmacêuticas; de outro, o crescimento da parcela de mercado dos medicamentos genéricos.

Com vistas a enfrentar essa situação adversa, as empresas buscam estratégias distintas de posicionamento no mercado. Aqui destacamos três delas, que são adotadas exclusivamente, combinadas entre si ou, ainda, combinadas com outras estratégias.

A primeira envolve a desverticalização de empresas antes totalmente integradas. A motivação subjacente é a necessidade de concentrar esforços nas competências mais estratégicas para o negócio. Essas competências centrais estão associadas às etapas da cadeia de desenvolvimento e produção que permitem maior geração e apropriação de valor: de um lado, a pesquisa de moléculas inovadoras e plataformas tecnológicas que permitam o desenvolvimento de novos produtos com elevado potencial de geração de

receitas; de outro, as forças de *marketing* e vendas que possibilitem o acesso aos mercados e a efetiva realização desse potencial de receitas. As etapas intermediárias do desenvolvimento – pesquisa pré-clínica e pesquisa clínica – e mesmo partes da produção, propriamente dita, têm sido frequentemente terceirizadas.

Outra estratégia adotada consiste no estudo e no relançamento de medicamentos existentes com outras indicações ou com formulações galênicas diferenciadas. Assim, a indústria solicita nova proteção patentária e introduz um novo produto no mercado, meses antes do vencimento da patente. Essa estratégia possibilita maior rapidez na inserção de novos produtos no mercado, com menor custo, graças à eliminação das primeiras etapas do desenvolvimento. Esse tipo de inovação incremental, também chamado de extensão de patentes, utiliza conhecimentos desenvolvidos com o uso clínico do produto já comercializado ou decorre de novas associações de farmoquímicos [Capanema e Palmeira (2007)].

A terceira estratégia é a dos medicamentos genéricos, que consiste na cópia de medicamentos cuja patente tenha expirado. Como têm o custo do desenvolvimento menor, voltado aos processos de produção e aos testes de bioequivalência, podem ser vendidos a preços inferiores e ainda se manter lucrativos. De fato, a venda de genéricos tem sido um forte gerador de caixa para as empresas em alguns casos, como o brasileiro, e pode ser adotada como uma estratégia de entrada no mercado para firmas de menor porte. Vale ressaltar que algumas empresas inovadoras também comercializam medicamentos genéricos, mesmo que por meio de uma segunda marca. Nesses casos, a principal motivação parece ser a de evitar ganhos de mercado pelas concorrentes.

Embora se observe a adoção pela indústria farmacêutica das três estratégias citadas, dada a característica do setor, de ser intensivo em ciência e tecnologia e com a apropriabilidade de ganhos fortemente baseada em patentes, a criação de vantagens competitivas parece estar, inexoravelmente, associada à diferenciação de produto via inovação, seja ela radical ou incremental. Contudo, para que essas vantagens competitivas sejam sustentáveis no tempo, as empresas dessa indústria precisam criar, internalizar e acumular competências dinâmicas, ou seja, aquele conjunto de habilidades que permitem a uma empresa integrar, construir e reconfigurar suas competências internas e externas para adaptar-se às mudanças ambientais [Teece e Pisano (1994)].

Daí o interesse crescente das grandes empresas farmacêuticas pela nova trajetória tecnológica que se apresenta com a biotecnologia, seja com vistas ao desenvolvimento de novos produtos, seja visando à internalização de plataformas transversais de base biotecnológica que poderiam alavancar sua P&D.

A esse respeito, vale contextualizar ainda a questão dos chamados medicamentos biossimilares: os genéricos de medicamentos de base biotecnológica. Ao contrário dos medicamentos de base química que são bem definidos por sua composição química, no caso dos biossimilares, pequenas diferenças de processo podem acarretar alterações na molécula em relação ao medicamento de referência. As discussões são grandes a respeito do impacto ou não dessas alterações na eficácia e na segurança do medicamento, de modo que as principais agências reguladoras do mundo ainda não têm um tratamento homogêneo da questão. Enquanto o FDA trata os biossimilares como produtos inovadores, exigindo todos os respectivos testes para registro, a European Medicines Agency (Ema) faz uma análise caso a caso. A regulação brasileira para biossimilares tende a se aproximar da europeia, aceitando testes de não-inferioridade.

É importante ressaltar que, do ponto de vista da empresa, a adoção de uma estratégia de desenvolvimento e produção de biossimilares tende a induzir a internalização de competências dinâmicas, necessárias para a atividade inovadora em biotecnologia. Assim, a adoção, em um segundo momento, de uma estratégia voltada para a inovação de fato parece ficar facilitada pelas competências tecnológicas – e pelo processo de aprendizado subjacente – adquiridas no desenvolvimento de biossimilares.

Segundo Burns (2005), as empresas consideram três aspectos-chave na definição de suas estratégias de pesquisa de novos medicamentos. Em primeiro lugar, buscam trabalhar em áreas terapêuticas com alto valor, considerando o volume da demanda e o preço estimado do produto. Em segundo, buscam áreas em que as tecnologias disponíveis tenham um real potencial de oferecer soluções. Em terceiro, procuram atuar onde identificam que suas competências lhes permitem destaque frente aos concorrentes. O movimento da indústria farmacêutica em direção à biotecnologia parece representar uma nova orientação estratégica para sua P&D, levando em consideração os aspectos-chave acima mencionados.

O modelo tradicional de negócio da indústria farmacêutica é o do *blockbuster* – termo utilizado na indústria farmacêutica para designar drogas cujo faturamento individual supera US\$ 1 bilhão –, baseado na colocação de um medicamento de ampla utilização, com margens muito altas, que seja capaz de, em poucos anos, remunerar acionistas e gerar receitas para pagar por muitos anos de investimento no desenvolvimento de outras moléculas.

No contexto desse modelo, as classes terapêuticas mais disputadas pela indústria, historicamente, foram as de doenças crônicas e de alta incidência na população, que podiam gerar produtos de grande demanda. Contudo, a presença de muitas competidoras

tende, em tese, a reduzir o preço. Deve ser ressalvado o caso dos produtos que se destacam como superiores dentro de suas classes durante mais tempo e, com isso, obtêm altas parcelas de mercado praticando preços relativamente altos.

Recentemente, as grandes empresas começaram a se interessar mais por doenças antes não atendidas, como os diversos tipos de câncer e doenças raras. Se, de um lado, a biotecnologia trouxe viabilidade técnica, de outro, o modelo de seguros-saúde contribuiu para o deslocamento do investimento da indústria para produtos de nicho e de altíssimo valor. Essa contribuição ocorre tanto pelo poder de barganha que têm sobre preços de medicamentos de alta demanda, reduzindo sua atratividade, quanto por atuarem financiando o pagamento de tratamentos caros, que muitos dos pacientes individualmente não poderiam sustentar. Outros mecanismos institucionais também ajudaram a viabilizar esses investimentos, como a legislação norte-americana para drogas órfãs, de 1983 (Orfan Drugs Act), que criou incentivos para o desenvolvimento de drogas para doenças raras.

Na abordagem de Ernst & Young (2008), o esgotamento do modelo não significa que os *blockbusters* deixarão de existir, pois ainda haverá drogas capazes de render individualmente mais de US\$ 1 bilhão. O que se espera com o avanço da compreensão dos processos moleculares e com a medicina de base genética é que as drogas de US\$ 1 bilhão sejam de menor volume de vendas e mais alto valor em relação aos *blockbusters* atuais.

Um importante desafio apresentado para o setor farmacêutico é o delicado balanço entre a busca de novos medicamentos e tratamentos para os pacientes e seu custo. As agências de regulação começam a incorporar essa dimensão, denominada farmacoeconomia, em suas análises.

Nesse sentido, um fator foi adicionado aos tradicionais obstáculos para aprovação de novos produtos pelas agências de regulação. Além de segurança, eficácia e qualidade do produto, agências como a britânica, National Institute for Health and Clinical Excellence (Nice), impuseram uma quarta barreira pela avaliação do custo-efetividade dos novos produtos.

Três novos medicamentos biotecnológicos foram rejeitados pela Nice em 2006, por esta última barreira. Fato semelhante ocorreu na Austrália, cujo órgão Pharmaceutical Benefits Advisory Committee rejeitou a vacina Gardasil contra HPV. Nos Estados Unidos, o projeto Drug Effectiveness Review da Universidade de Saúde e Ciência de Oregon está avaliando evidências de custo e efetividade para fazer recomendações de cobertura do Medicaid, programa

estadual que permite o uso de um fundo federal para pagamento de planos de saúde e de medicamentos, sob determinadas condições. Tudo isso constitui um considerável poder de barganha para pressionar a redução do preço dos novos medicamentos.

As Empresas de Biotecnologia

A biotecnologia aplicada à saúde caracteriza-se por alta interdisciplinaridade e grande complexidade dos conhecimentos envolvidos, dificultando a diferenciação entre pesquisa básica e aplicada.

Em linhas gerais, as chamadas empresas de biotecnologia podem ser de três tipos: i) empresas voltadas para o desenvolvimento de produtos, frequentemente alvos de aquisição, fusão ou parcerias com grandes empresas integradas; ii) empresas verticalmente integradas, atuando nas etapas de desenvolvimento, produção e vendas finais; e iii) prestadoras de serviços, equipamentos e materiais, segmentos que vêm crescendo graças à progressiva complexidade das tecnologias utilizadas ao longo dos processos de desenvolvimento e produção e à estratégia de desverticalização adotada por algumas grandes empresas farmacêuticas.

Tipicamente, as empresas de biotecnologia começam como *start-ups* tecnológicas. O modelo adotado nesses casos associa, de um lado, cientistas detentores de conhecimento de ponta e, de outro, o capital de risco, que não raro agrega orientação gerencial e organizacional às empresas investidas. As empresas investidas por capital de risco, em geral, não preveem pagamento de dividendos aos acionistas, possibilitando o reinvestimento do capital acumulado em seu próprio crescimento.

Esse modelo só foi possível com o surgimento de mercados específicos, como a Nasdaq, que criou um mecanismo de saída para os investidores, com a abertura de capital na forma dos IPO (*initial public offer*). Após alguns anos recebendo investimentos de capital de risco, a empresa se depara com a escolha entre a aquisição por uma empresa estabelecida ou a abertura de capital no mercado, para tentar buscar o crescimento de forma autônoma.

A atual crise econômica, com patente enfraquecimento dos mercados financeiros, colocou em xeque esse modelo. Desde a bolha especulativa do mercado de capitais de 2000, apesar de a indústria de capital de risco ter passado por uma recuperação e se profissionalizado, ficou aparente que o modelo tinha limitações. A estratégia de abertura de capital sofre com a persistente diferença entre as avaliações feitas por investidores de risco e as realizadas por compradores estratégicos. Em 2006, pelo terceiro ano seguido,

a maioria dos IPO falhou, se considerados os preços de lançamento desejados [Ernst & Young (2007)].

As aberturas de capital têm sua dinâmica dada por um pequeno número de instituições compradoras que tipicamente conhecem bem o negócio de biotecnologia. Esses investidores estão utilizando análises de projeções de risco e retorno mais sofisticadas e conservadoras, que têm reduzido sua tolerância a riscos e a propensão a investir em empresas nascentes.

Consequentemente, os fundos de capital de risco precisam agora financiar a empresa por um período mais longo e investir significativamente mais, antes de a empresa estar preparada para abrir capital. Muitos deles passaram a exigir que as empresas apresentassem prova de conceito dos novos produtos, com dados validados de eficácia, e demonstrassem ter participação significativa na propriedade do produto.

Embora não haja mais dúvidas sobre a importância da biotecnologia para a inovação farmacêutica, foram poucas as empresas de biotecnologia para saúde que conseguiram crescer e se tornar lucrativas. As que conseguiram contaram com parcerias estratégicas ou aporte de capital de empresas estabelecidas ou, ainda, se valeram de fundos governamentais e legislações específicas, como no caso das drogas órfãs.

Dois notáveis casos de sucesso são as norte-americanas Genentech e Amgen, que, em 2006, respondiam juntas por dois terços dos lucros das empresas de biotecnologia norte-americanas lucrativas [Ernst & Young (2007)]. Ambas começaram como *spin-offs* de universidades e centros de pesquisa, sustentadas por capital de risco. A primeira foi fundada em 1976 e a segunda em 1980. Passados trinta anos, as duas se verticalizaram para atuar não apenas no desenvolvimento de drogas, mas também em produção e vendas. Os caminhos trilhados por essas empresas, no entanto, foram diferentes. Ambas abriram capital ainda nos anos 1980. A Genentech atuou majoritariamente por meio de parcerias e licenciamentos até 1990, quando vendeu parte de suas ações e, posteriormente, seu controle acionário para a Roche. A Amgen cresceu de modo mais independente: aumentou seu capital sucessivamente, trabalhou em parcerias de desenvolvimento com grandes empresas farmacêuticas nos anos 1980 e adquiriu oito empresas menores entre 1994 e 2007.

Apesar das altas somas investidas pelas empresas na P&D de novos medicamentos, essa atividade tem registrado baixa produtividade. Para compensar o alto custo do desenvolvimento de

Mercado

poucos produtos e maximizar a receita das vendas dos novos produtos enquanto ainda estão sob proteção patentária, as empresas procuram introduzi-los no maior número possível de mercados. Por isso, as grandes empresas do setor tendem a atuar globalmente.

Os Estados Unidos são o principal produtor de medicamentos do mundo, respondendo por 39,3% da produção global, seguidos por Japão e Alemanha. Em conjunto, Estados Unidos, Europa e Japão detêm 84% de toda a produção mundial [EFPIA (2008)].

As empresas de biotecnologia ainda estão concentradas nos Estados Unidos. Como mostra a Tabela 1, o país contava, em 2007, com 386 empresas de biotecnologia com ações negociadas em bolsa, faturando cerca de US\$ 65 bilhões e empregando mais de 134 mil pessoas.

Segundo Ernst & Young (2008), as receitas das empresas abertas de biotecnologia no mundo cresceram 8% entre 2006 e 2007, ultrapassando a marca de US\$ 80 bilhões. A taxa é mais modesta que as registradas em anos anteriores, por causa da distorção causada por duas significativas aquisições – da norte-americana Medimmune e da suíça Serono – por grandes empresas farmacêuticas. Sem esses negócios, o crescimento do lucro no ano chegaria a 17%.

Segundo EFPIA (2008), cerca de um quinto das novas moléculas lançadas no mercado mundial é de origem biotecnológica. Os dados do setor variam significativamente de acordo com a fonte adotada. A Tabela 2 apresenta os dez medicamentos de base biotecnológica mais vendidos no mundo em 2007, segundo a consultoria IMS Health. Metade deles é constituída de proteínas recombinantes (Enbrel, Aranesp, Neulasta, Erypo, Epogen) e a outra metade, de anticorpos monoclonais (Remicade, Mabthera, Herceptin, Avastin, Humira).

Tabela 1

Empresas de Biotecnologia de Capital Aberto

REGIÃO	NÚMERO DE EMPRESAS	FATURAMENTO		GASTOS EM P&D (US\$ Bilhões)	NÚMERO DE EMPREGADOS
		(US\$ Bilhões)	(%)		
EUA	386	65,18	77	25,84	134.600
Europa	181	12,95	15	4,57	47.720
Canadá	82	2,69	3	0,92	7.330
Ásia-Pacífico	149	3,97	5	0,49	15.280
Mundo	798	84,78	100	31,81	204.930

Fonte: Ernst & Young (2008).

Tabela 2

Dez Medicamentos de Base Biotecnológica mais Vendidos no Mundo (2007)

PRODUTOS	EMPRESAS	VENDAS	PARCELA DE MERCADO
		(US\$ Bilhões)	(%)
Enbrel	Amgen/Wyeth/Takeda	5,29	7,0
Aranesp	Amgen	4,42	5,9
Remicade	Johnson & Johnson/ Schering Plough	4,22	5,6
Mabthera/Rituxan	Roche (Genentech)	3,71	4,9
Neulasta	Amgen	3,56	4,7
Herceptin	Roche (Genentech)	3,26	4,3
Erypo/Procrit	Johnson & Johnson	3,29	4,4
Epogen	Amgen	2,98	4,0
Avastin	Roche (Genentech)	2,85	3,8
Humira	Abbott	2,79	3,7
10 mais Vendidos		36,36	48,4
Mercado Global		75,12	100,0

Fonte: IMS Health.

Tabela 3

Principais Empresas segundo a Receita de Vendas de Produtos Biotecnológicos (2007)

EMPRESAS	VENDAS	PARCELA DE MERCADO
	(US\$ Bilhões)	(%)
Amgen	16,0	21,3
Roche/Genentech	15,5	20,6
Johnson & Johnson	6,3	8,4
Novo Nordisk	5,9	7,8
Lilly	3,9	5,2
Sanofi-Aventis	3,2	4,3
Abbott	3,2	4,2
Merck KGaA	2,7	3,6
Schering Plough	2,6	3,4
Wyeth	2,3	3,0
10 Maiores Receitas	61,5	81,8
Mercado Global	75,1	100,0

Fonte: IMS Health.

Ao observarem-se as vendas de produtos biotecnológicos, por empresa, nota-se que, entre as principais líderes globais em biotecnologia, encontram-se, em sua maioria, grandes corporações do setor farmacêutico, reiterando a tendência de convergência. Os dados apresentados na Tabela 3 reforçam a tese de que a biotecnologia não seria um setor à parte e sim uma competência a ser perseguida pelas empresas inovadoras do setor farmacêutico e de saúde em geral.

Além de concentrarem a produção, os Estados Unidos são também o principal mercado, tanto da indústria farmacêutica em geral quanto de produtos biotecnológicos para saúde humana.

Como pode ser visto na Tabela 4, em 2007 cerca de 46% das vendas da indústria farmacêutica foram realizadas na América do Norte. Destaca-se também o crescimento das regiões menos desenvolvidas, ainda com pequenas parcelas do mercado global.

No caso dos biotecnológicos, o mercado norte-americano mostrou-se ainda mais expressivo em termos relativos, respondendo por 59% das vendas em 2007, como pode ser observado na Figura 2.

A Figura 2 mostra ainda o crescimento do segmento de medicamentos de base biotecnológica em nível global, que passou de um volume de vendas totais de pouco mais de US\$ 35 bilhões, em 2003, para um volume de cerca de US\$ 75 bilhões em 2007, dobrando seu tamanho em um período de quatro anos.

Lentamente, os Estados Unidos vêm perdendo importância relativa nesse mercado, principalmente pela aceleração do crescimento da parcela europeia, com a criação expressiva de novas empresas de biotecnologia e com o reposicionamento das grandes farmacêuticas via aquisições.

Tabela 4

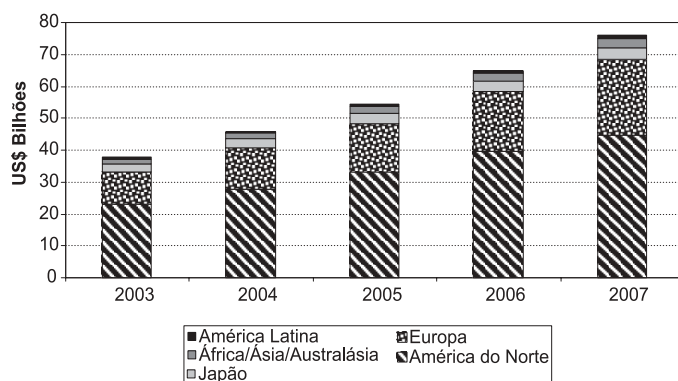
Vendas Globais da Indústria Farmacêutica por Região (2007)

REGIÕES	VENDAS		CRESCIMENTO
	(US\$ Bilhões)	(%)	(%)
América do Norte	304,5	45,9	4,2
Europa	206,2	31,1	6,7
Ásia, Austrália, África	62,2	9,4	13,1
Japão	58,5	8,8	4,2
América Latina	32,0	4,8	12,0
Mundo	663,5	100,0	6,1

Fonte: IMS Health.

Figura 2

Distribuição Geográfica das Vendas de Medicamentos Biológicos



Fonte: IMS Health.

Historicamente, a indústria farmacêutica europeia sempre foi bastante expressiva, concentrando algumas das empresas com maiores receitas, investimentos em P&D e novos produtos lançados. No entanto, no segmento de biotecnológicos, pode-se dizer que a Europa saiu atrás, perdendo a primeira onda de *start-ups* dos anos 1980. Esse fato pode ser atribuído à relativa ausência de incentivos para a criação de novas empresas de biotecnologia, reflexo do mercado de capital de risco menos desenvolvido e do custo mais elevado da mão-de-obra qualificada nos países europeus.

Outra razão para a desvantagem da Europa em relação aos Estados Unidos tem sido a maior capacidade das empresas norte-americanas de explorar as potencialidades de seu vasto mercado interno, que apresentou maior crescimento da demanda que o europeu. Além disso, a indústria norte-americana tem tido mais sucesso na colocação de seus produtos globalmente.

Um aspecto que também merece destaque é o papel dos incentivos governamentais. Grande parte das pesquisas aplicadas que fundamentam a atual indústria de biotecnologia nos Estados Unidos é produto da pesquisa básica financiada com recursos públicos ou conduzida por universidades públicas e instituições governamentais. Em geral, a presença desse tipo de recurso torna as empresas mais aptas a atrair fundos privados.

Depois da indústria de defesa, a indústria de saúde é a maior recebedora de fundos para pesquisa oriundos do governo norte-americano, principalmente por intermédio do NIH, a maior rede mundial de pesquisa em saúde. Seu orçamento anual é da ordem de US\$ 29 bilhões, sendo apenas 10% gastos com pesquisas realizadas na própria instituição [NIH (2009)]. É importante ressaltar

o papel das empresas de converter em aplicações comerciais as pesquisas conduzidas nas universidades e instituições científicas e tecnológicas.

Por fim, deve-se notar o crescimento desse mercado na Ásia. A indústria de biotecnologia na China cresce a uma taxa de 20% ao ano. Espera-se um crescimento do mercado farmacêutico chinês de aproximadamente US\$ 12 bilhões, em 2006, para US\$ 48 bilhões, em 2015. O mercado indiano deve mais que dobrar no mesmo período, passando de US\$ 6 bilhões para US\$ 15 bilhões. E ambos os países estão produzindo cerca de três vezes o número de graduados em cursos relacionados a ciência e tecnologia se comparados aos Estados Unidos [Ernst & Young (2007)].

Reestruturação e Convergência de Modelos

Alinhadas com a estratégia de concentração em competências centrais para o seu negócio, as maiores empresas farmacêuticas intensificaram suas aquisições estratégicas nos últimos anos. Em busca da internalização de plataformas biotecnológicas no estágio inicial de desenvolvimento, algumas delas pagaram prêmios sem precedentes para adquirir empresas de biotecnologia. A Tabela 5 mostra os principais negócios realizados no ano de 2007.

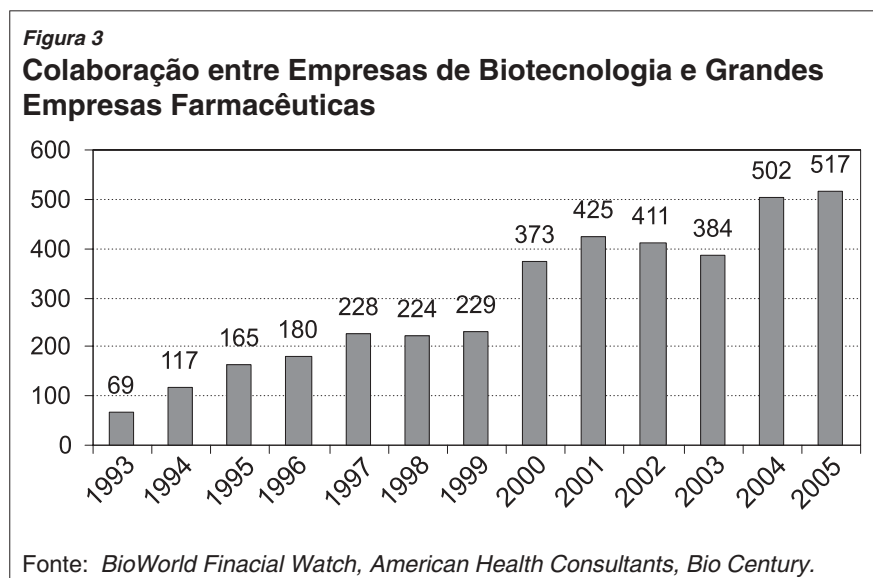
Tabela 5

Fusões e Aquisições de mais de US\$ 1 Bilhão em 2007

ADQUIRENTE	ALVO	NEGÓCIO-ALVO	LOCAL-ALVO	VALOR DO NEGÓCIO (US\$ Bilhões)
AstraZeneca	Medimmune	Doenças infecciosas, inflamatórias e câncer	EUA	15,7
Schering Plough	Organon	SNC/Saúde feminina	Holanda	14,4
Siemens	Dade Behring	Diagnósticos	EUA	7,2
Mylan	Merck Generics	Genéricos	Alemanha	6,7
Hologic	Cytec	Diagnósticos	EUA	5,9
Eisai	MGI Pharma	Câncer/Acute care	EUA	3,6
GSK	Reliant	Cardiovascular	EUA	2,8
Celgene	Pharmion	Câncer	EUA	2,7
Shire	New River	Neurologia	EUA	2,6
Reckitt Benckiser	Adams Respiratory	Respiratório	EUA	2,3
Quest Diagnostics	AmeriPath	Diagnósticos	EUA	1,9
MedcoHealth	PolyMedica	Diabetes/Diagnósticos	EUA	1,5
Qiagen NV	Digene	Diagnósticos	EUA	1,5
Inverness Medical	Biosite	Diagnósticos	EUA	1,5
Gedeon Richter	Polpharma	Genéricos	Polônia	1,3

Fonte: Burrill & Co. (2008).

Já as empresas de biotecnologia têm se movido da pura P&D para acordos orientados para o mercado, incluindo licenciamentos, compra de produtos e contratos de vendas e *marketing*. A Figura 3 mostra a trajetória de crescimento das colaborações entre empresas de biotecnologia e grandes empresas farmacêuticas entre 1993 e 2005.



Segundo a BioWorld, em 2007 foram estabelecidos 417 novos acordos de parceria entre empresas de biotecnologia e empresas farmacêuticas e 473 acordos de cooperação entre as próprias empresas de biotecnologia. Os números indicam que há uma grande relevância na cooperação entre empresas que atuam nesse mercado, possivelmente decorrente da necessidade de interdisciplinaridade *vis-à-vis* a característica de especialização das pequenas empresas de biotecnologia.

Segundo Ernst & Young (2007), o número de parcerias em 2006 mais que dobrou, se comparado a 2005, e seu valor teve um crescimento de 69%, atingindo US\$ 23 bilhões. Fusões e aquisições também atingiram o segundo maior recorde da história dessa indústria. Esse recorde não foi atingido por uma grande operação e sim por um número significativo de operações, reforçado pelo reconhecimento dos compradores do valor dos produtos e plataformas tecnológicas em desenvolvimento.

A partir da década de 1970, com a emergência da moderna biotecnologia, houve um ponto de inflexão tecnológica no processo de descoberta de drogas. Até então, a tecnologia de desen-

Considerações Finais

volvimento se restringia a moléculas pequenas, obtidas via síntese química, os mecanismos biológicos das doenças eram pouco conhecidos, dificultando a definição de alvos terapêuticos, e o processo de seleção de candidatas a drogas era fundamentalmente aleatório.

A partir de então, surgiram novas tecnologias que não só aumentaram a gama de compostos que podem ser desenvolvidos e utilizados com fins terapêuticos, como proporcionaram maior conhecimento dos processos causadores de doenças, diagnósticos mais precisos e mecanismos mais eficientes de entrega. Alguns exemplos são as tecnologias do DNA recombinante para produção de proteínas terapêuticas, de hibridização para produção de anticorpos monoclonais e as técnicas de clonagem e de manipulação de células-tronco.

Espera-se que essas tecnologias abram novas possibilidades de tratamento, antes inimagináveis, como medicina personalizada, terapias celular e gênica. No entanto, ainda permanecem dúvidas sobre os modelos institucionais necessários para viabilizar economicamente a demanda por essas novas terapias.

Historicamente, os caminhos seguidos pela grande indústria farmacêutica e pelas empresas de biotecnologia foram distintos. No entanto, tendências recentes têm provocado uma convergência de rotas. Essa convergência tem como consequência a dificuldade crescente de categorizar separadamente a indústria farmacêutica da “indústria” de biotecnologia para saúde.

O esvaziamento dos *portfolios* de produtos em fases avançadas de desenvolvimento das grandes empresas farmacêuticas, o aumento dos custos de desenvolvimento, com o enrijecimento da regulação, e o avanço na descoberta de drogas de base biotecnológica levaram a indústria farmacêutica a se aproximar das empresas de biotecnologia.

As empresas farmacêuticas que adotaram a inovação como estratégia têm procurado concentrar esforços na internalização e no fortalecimento de competências dinâmicas, que lhes permitam buscar a sustentabilidade de suas vantagens competitivas, construídas exclusivamente sobre base química, em um novo cenário, em que a biotecnologia parece se apresentar como paradigma tecnológico para a P&D farmacêutica. Nesse processo, as empresas farmacêuticas prospectam oportunidades em empresas de biotecnologia, que ocorrem tanto nas formas de parcerias e colaborações quanto via aquisições diretas.

Para as empresas de biotecnologia, por sua vez, a possibilidade de crescimento via aquisição por parceiros estratégicos

também tem sido positiva. Foram poucas as que tiveram sucesso em saltar do estágio de empresas nascentes para um formato verticalizado, com foco em ciência, mas incorporando etapas de produção e comercialização.

Para a grande maioria das pequenas empresas de base biotecnológica, o modelo de financiamento por capital de risco ainda é o mais comum. No entanto, a percepção da limitação desse modelo, por causa das dificuldades relacionadas à abertura de capital, faz com que as pequenas empresas de biotecnologia busquem fusões e aquisições ou se capacitem para negociar consistentemente contratos de licenciamento e parcerias com grandes empresas que possam levar seus produtos a mercado.

Tendo em vista que as empresas farmacêuticas precisam atuar globalmente e de forma inovadora para criar vantagens competitivas sustentáveis e serem bem-sucedidas no mercado, no longo prazo, destacam-se alguns elementos fundamentais para viabilizar o desenvolvimento dessa indústria:

i) o desenvolvimento de um mercado consumidor robusto, tanto pelo incremento no poder de compra da população quanto pela presença de grandes compradores. Na questão dos grandes compradores, destaca-se o papel do Estado. No modelo norte-americano, esse papel é cumprido por meio dos programas de seguro-saúde Medicaid e Medicare, que, entre outras coisas, realizam reembolsos de despesas com aquisição de medicamentos. Em um modelo de sistema de saúde universal, como o brasileiro, a criação de mercado pode ocorrer por meio das compras diretas do governo. A qualificação dessas demandas é fundamental para a orientação dos investimentos das empresas a produtos considerados estratégicos, bem como para investimentos de maior risco na atividade inovadora;

ii) o financiamento público voltado para a formação de mão-de-obra qualificada e para o apoio à pesquisa básica e aplicada, tendo em vista requisitos de interesse público, capacitação técnica e viabilidade econômica;

iii) o ambiente regulatório deve levar em conta a segurança dos consumidores, a garantia do acesso da população aos tratamentos adequados, bem como garantir a estabilidade necessária para a indução do desenvolvimento de produtos inovadores que possam trazer benefícios não só para as empresas, mas para a sociedade como um todo; e

iv) o investimento privado das empresas em pesquisa e desenvolvimento, necessário à transposição do conhecimento gerado nos ambientes acadêmicos para a indústria.

Finalmente, com base na presente análise do cenário global da inserção da biotecnologia na indústria de saúde, espera-se avançar para, posteriormente, compreender as características particulares do caso brasileiro e contribuir para o debate sobre a estratégia de promoção do desenvolvimento dessa indústria no Brasil.

Referências

- BEUZEKON, B. & ARUNDEL, A. *OECD Biotechnology Statistics*, 2006.
- BURNS, L. R. *The business of healthcare innovation*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2005.
- BURRILL & COMPANY LLC. *Biotech 2008 – Life sciences: a 20/20 vision to 2020. “XXII Annual Report on the Industry”*, Burrill & Company, 2008.
- CAPANEMA, L. & PALMEIRA FILHO, P. L. “A cadeia farmacêutica e a política industrial: uma proposta de inserção do BNDES”. *BNDES Setorial*, Rio de Janeiro, n. 19, p. 23-48, mar. 2004.
- _____. “Indústria farmacêutica brasileira: reflexões sobre sua estrutura e potencial de investimentos”. *Perspectivas do Investimento 2007/2010*, BNDES, Rio de Janeiro, p. 163-206, 2007.
- CASTILHO, L. “Biotecnologia para saúde humana”. Apresentação realizada no BNDES em 23.10.2008.
- DELOITTE & TOUCHE LLP. “Convergence of opportunities and interests in pharmaceuticals and biotechnology”. By John Rhodes U.S. & Global Managing Partner, Life Sciences & Health Care Practice. Deloitte & Touche LLP, 2008.
- DIMASI, J. A. & GRABOWSKI, H. G. “The cost of biopharmaceutical R&D: Is biotech different?”. *Managerial and Decision Economics*, n. 28, p. 469-479, 2007.
- EFPIA – EUROPEAN FEDERATION OF PHARMACEUTICAL INDUSTRIES AND ASSOCIATIONS. *The Pharmaceutical Industry in Figures – 2008 edition*. Bélgica, 2008.
- ERNST & YOUNG. *Beyond Borders: Global Biotechnology Report 2007*.
- _____. *Beyond Borders: Global Biotechnology Report 2008*.
- FORDE, Gareth. “Rapid response vaccines – does DNA offers a solution?”. *Nature Biotechnology*, v. 23, n. 9, set. 2005.
- FRENKEL, J. “O mercado farmacêutico brasileiro: a sua evolução recente, mercados e preços”. In: NEGRI, Barjas & DI GIOVANNI,

Geraldo. *Brasil: radiografia da saúde*. Campinas: Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas (IE-Unicamp), 2001, p. 157-174.

_____. *Estudo da competitividade de cadeias integradas no Brasil: Impactos das zonas livres de comércio. Cadeia: Farmacêutica*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas – Instituto de Economia –, Núcleo de Economia Industrial e da Tecnologia (Unicamp/IE/Neit), Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), 2002.

GADELHA, C. A. G. et al. “Saúde e inovação: uma abordagem sistêmica das indústrias da saúde”. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 9, n. 1, Rio de Janeiro, jan./fev. 2003.

GUIMARÃES, M. “Novas ramificações: brasileiros dominam técnica para transformar células adultas em embrionárias”. *Pesquisa Fapesp*, n. 156, fev. 2009.

HU, S. X. et al. “Pharmacogenomics and personalized medicine: mapping of future value creation”. Fairfield, CT, IMS Health, BioTechniques, v. 39, n. 4, 2005.

McKELVEY, M. Health biotechnology: emerging business models and institutional drivers. OECD International Futures Project on “The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda”, abr. 2008.

PALMEIRA FILHO, P. L. & PAN, S. K. “Cadeia farmacêutica no Brasil: avaliação preliminar e perspectivas”. *BNDES Setorial*, v. 18, p. 3-22, 2003.

PISANO, G. *Science business: the promise, the reality and the future of biotech*. Boston: Harvard Business School Press, 2006.

PIZA, F. “Cadeias de desenvolvimento e de produção de biofármacos no Brasil”. Apresentação realizada na oficina de trabalho Registro de biofármacos: Análise do marco legal à luz das necessidades do desenvolvimento brasileiro, Brasília, 08.12.2008.

RASMUSSEN, B. *Trends in biopharmaceutical alliances for the key business models*. Melbourne: Victoria University of Technology, Pharmaceutical Industry Project, dez. 2007 (Working Paper, 37).

SILVA, R. I. *Indústria farmacêutica brasileira: estrutura e a questão dos preços de transferência*. Rio de Janeiro: Escola de Química/UFRJ, 1999 (Tese de Doutorado).

SILVEIRA, J. & BORGES, I. “Um panorama da biotecnologia moderna”. In: SILVEIRA, J. et al. *Biotecnologia e recursos genéticos: desafios e oportunidades para o Brasil*. Campinas: Unicamp, 2004.

TEECE, D. & PISANO, G. "The dynamic capabilities of firms: an introduction". *Industrial Corporate Change*, Oxford University Press, v. 3, p. 537-556, 1994.

ZATZ, M. "Aspectos atuais em terapia celular". Entrevista para a revista *Einstein*, 2 (4), 359-364, São Paulo, 2004

Sites Consultados

BIO – Biotechnology Industry Organization. Disponível em: <<http://bio.org/speeches/pubs/er/statistics.asp>>. Acesso em: 5 de dezembro de 2008.

FDA – Food and Drug Administration. Disponível em: <<http://www.fda.gov/>>. Acesso em: 5 de janeiro de 2009.

IMS Health. Disponível em: <<http://www.imshealth.com>>. Acesso em: 20 de janeiro de 2009.

NIH – National Institutes of Health. Disponível em: <<http://www.nih.gov/>>. Acesso em 31 de janeiro de 2009.

WHO – World Health Organization. Disponível em: <<http://www.who.int/topics/vaccines/en/>>. Acesso em: 26 de janeiro de 2009.

Projeto Gráfico
Graça Cruz Lima

Coordenação Editorial
**Gerência de
Editoração do BNDES**

Produção Editorial
Editora Senac Rio

Editoração Eletrônica
Abreu's System

Impressão
**Imprinta Express Gráfica
e Editora Ltda.**



O BANCO DO DESENVOLVIMENTO
DE TODOS OS BRASILEIROS

**Ministério do
Desenvolvimento, Indústria
e Comércio Exterior**



Editado pelo
Departamento de Divulgação

Março 2009